Edward O. Wilson




# LA UNIDAD DEL CONOCIMIENTO

La fascinación por la idea del saber unificado atrapó a este autor desde su época de juventud, cuando estudiaba biología en la Universidad de Alabama y su mundo intelectual estaba marcado por las corrientes naturalistas. Tras largos años de investigación y actividad docente, su trabajo desembocó en una profunda y novedosa reflexión filosófica enmarcada en el campo de la teoría del conocimiento.

La unidad del conocimiento —«consilience», según el término utilizado por Edward O. Wilson— de las distintas ramas del saber, se erige como objetivo fundamental para el futuro de las ciencias.

Lectulandia

Edward Osborne Wilson

# Consilience: la unidad del conocimiento

**ePub r1.0**

**wasona** 07.07.15

Título original: *Consilience: The Unity of Knowledge*
Edward Osborne Wilson, 1998
Traducción: Joandomènec Ros

Editor digital: wasona
ePub base r1.2

Así pues, he hecho del mundo intelectual un pequeño globo, por así decirlo, tan sincera y lealmente como he podido descubrir.

FRANCIS BACON (1605)

# CAPÍTULO 1

# El hechizo jónico

Recuerdo muy bien la época en que me cautivó la idea del saber unificado. Fue a principios del otoño de 1947, cuando a los dieciocho años me fui de Mobile a Tuscaloosa para empezar mi segundo año en la Universidad de Alabama. Era yo un biólogo en ciernes, inflamado por el entusiasmo de la adolescencia pero de teoría y visión cortas; me había iniciado en la historia natural mediante guías de campo que llevaba en un cartapacio durante excursiones solitarias por los bosques y a lo largo de los cursos de agua de mi estado natal. Consideraba la ciencia, es decir, lo que para mí era (y en mi corazón todavía lo es) el estudio de hormigas, ranas y serpientes, era una manera maravillosa de permanecer al aire libre.

Mi mundo intelectual estaba forjado por Linné o Linnaeus, el naturalista sueco del siglo XVIII que inventó la moderna clasificación biológica. El sistema linneano es engañosamente fácil. Se empieza separando los ejemplares de plantas y animales en especies. A continuación, las especies que se parecen entre sí se reúnen en grupos, los géneros. Ejemplos de tales grupos son todos los cuervos y todos los robles. Después se confiere a cada especie un nombre latinizado en dos partes, tal como *Corvus ossifragus* para el cuervo pescador, en el que *Corvus* corresponde al género (todas las especies de cuervos) y *ossifragus* al cuervo pescador en particular. Y desde aquí se hace lo mismo con la clasificación superior, en la que los géneros similares se agrupan en familias, las familias en órdenes y así sucesivamente hasta llegar a los tipos y, finalmente, en la misma cúspide, a los seis reinos: plantas, animales, hongos, protistas, moneras y arqueas. Es como en el ejército: los hombres (y, en la actualidad, las mujeres) en escuadras, las escuadras en pelotones, los pelotones en compañías y, en el agregado final, las fuerzas armadas, comandadas por los jefes del estado mayor conjunto. Es, en otras palabras, un mundo conceptual a la medida de un muchacho de dieciocho años.

Había yo alcanzado el nivel del Carolus Linnaeus de 1735 o, más exactamente (puesto que por aquel entonces yo sabía poco del maestro sueco), del Roger Tory Peterson de 1934, cuando el gran naturalista publicó la primera edición de *Guía de campo de las aves*. Con todo, mi período linneano fue un buen inicio para una carrera científica. El primer paso hacia la felicidad, como dicen los chinos, es dar a las cosas sus nombres correctos.

Después descubrí la evolución. De repente (y no es una expresión demasiado fuerte), vi el mundo de una manera totalmente nueva. Debo esta epifanía a mi tutor, Ralph Chermock, un joven y vehemente profesor ayudante, que fumaba un cigarrillo

tras otro y que acababa de llegar a provincias con un doctorado en entomología de la Universidad de Cornell. Después de oírme charlar un rato sobre mi excelso objetivo de clasificar todas las hormigas de Alabama, me dio un ejemplar del libro de Ernst Mayr *Systematics and the Origin of Species*, de 1942. «Léelo —me dijo—, si quieres convertirte en un biólogo de verdad».

El delgado volumen de cubiertas de color azul uniforme era una de las obras de la Nueva Síntesis, que unía la teoría darwinista de la evolución del siglo XIX y la genética moderna. Al conferir una estructura teórica a la historia natural, expandía enormemente la empresa linneana. En algún lugar de mi mente se descorrió un pestillo, y una puerta se abrió a un mundo nuevo. Estaba subyugado, no podía dejar de pensar en las implicaciones que la evolución tenía para la clasificación y para el resto de la biología. Y para la filosofía. Y para casi todo. La estructura estática se deslizaba hacia un proceso fluido. Mis pensamientos, que en embrión eran los de un biólogo moderno, viajaban a lo largo de una cadena de acontecimientos causales, desde las mutaciones que alteran los genes hasta la evolución que multiplica las especies, y hasta las especies que se ensamblan en faunas y floras. La escala se expandía, y se hacía continua. Mediante la manipulación interior del tiempo y el espacio, me di cuenta de que podía subir los peldaños de la organización biológica, desde las partículas microscópicas de las células hasta los bosques que cubren las laderas de las montañas. Un nuevo entusiasmo se agitaba en mi interior. Los animales y las plantas que yo amaba tan profundamente volvían a entrar en el escenario como actores principales de un gran drama. La historia natural quedaba validada como una ciencia real.

Había experimentado el hechizo jónico. Tomo prestada esta expresión del físico e historiador Gerald Holton, quien la acuñó recientemente. Significa la creencia en la unidad de las ciencias, una convicción, mucho más profunda que una simple proposición de trabajo, de que el mundo es ordenado y puede ser explicado por un pequeño número de leyes naturales. Sus raíces se remontan a Tales de Mileto, en Jonia, en el siglo VI a. C. Dos siglos más tarde, Aristóteles consideraba al legendario filósofo como el fundador de las ciencias físicas. Desde luego, se le recuerda más concretamente por su convencimiento de que toda la materia está constituida en último término por agua. Aunque esta idea se suele citar como ejemplo de lo muy equivocadas que las especulaciones de los primitivos griegos podían llegar a ser, su significado real es la metafísica que expresó acerca de la base material del mundo y de la unidad de la naturaleza.

El hechizo, que se ha hecho cada vez más refinado, ha dominado el pensamiento científico desde entonces. En la física moderna, su punto central ha sido la unificación de todas las fuerzas de la naturaleza (la electrodébil, la fuerte y la de gravitación), la consolidación esperable de la teoría de manera tan estricta que la ciencia se transforme en un sistema de pensamiento «perfecto», que por el mismo peso de la evidencia y de la lógica se haga resistente a la revisión. Pero el conjuro del

hechizo se extiende asimismo a otros campos de la ciencia, y para algunos va más allá, alcanzando las ciencias sociales, y todavía más lejos, como explicaré más adelante, hasta tocar las humanidades. La idea de la unidad de la ciencia no es vana. Ha sido comprobada mediante pruebas de fuego experimentales y lógicas, y reivindicada repetidamente. No ha sufrido derrotas decisivas. Al menos todavía no, aunque en su centro, por la misma naturaleza del método científico, debe pensarse que siempre es vulnerable. Sobre este punto débil me extenderé en el debido momento.

Einstein, el arquitecto de la gran unificación en física, era jónico hasta la médula. Esta visión era quizá su mayor fuerza. En una temprana carta a su amigo Marcel Grossmann decía: «Es una sensación maravillosa reconocer la unidad de un complejo de fenómenos que con la observación directa parecen ser cosas completamente distintas». Se refería a la alineación, que había realizado con éxito, de la física microscópica de los capilares con la física macroscópica, a escala universal, de la gravedad. En épocas posteriores de su vida deseaba integrar todo lo demás en un único sistema parsimonioso, el espacio con el tiempo y el movimiento, la gravedad con el electromagnetismo y la cosmología. Se acercó a este santo grial, pero nunca lo consiguió. Todos los científicos, y Einstein no fue una excepción, son hijos de Tántalo, frustrados por la imposibilidad de asir aquello que parece hallarse al alcance de la mano. Buen ejemplo de ello son aquellos termodinámicos que durante décadas se han ido acercando cada vez más a la temperatura del cero absoluto, aquella a la que los átomos cesan todo movimiento. En 1995, habiendo descendido a un mínimo de unas pocas milmillonésimas de grado por encima del cero absoluto, crearon un condensado de Bose-Einstein, una forma fundamental de materia además de los familiares gases, líquidos y sólidos, en la que muchos átomos actúan como un átomo único en un estado cuántico. A medida que la temperatura desciende y la presión aumenta, un gas se condensa en un líquido, después en un sólido, y después aparece el condensado de Bose-Einstein. Pero el cero absoluto, lo que se dice enteramente absoluto, una temperatura que existe en la imaginación, todavía no se ha conseguido.

A una escala mucho más modesta, descubrí una sensación maravillosa no solo en probar la metafísica de la unificación, sino también en verme liberado del encierro de la religión fundamentalista. Había sido criado como baptista sureño, me habían tendido de espaldas bajo el agua sobre el fuerte brazo de un pastor, había vuelto a nacer. Conocía el poder curativo de la redención. La fe, la esperanza y la caridad estaban en mis huesos, y con millones de otros sabía que Jesucristo, mi Salvador, me concedería la vida eterna. Más piadoso que el adolescente medio, leí la Biblia de cabo a rabo, dos veces. Pero ahora en el instituto, impulsado por los esteroides a estados de ánimo de rebelión adolescente, decidí dudar. Me resultaba difícil aceptar que nuestras más profundas creencias hubieran sido grabadas en piedra por sociedades agrícolas del Mediterráneo oriental hacía más de dos mil años. Sufrí disonancia cognitiva entre las guerras genocidas de este pueblo y de la civilización cristiana, de las que se

informaba alegremente en la Alabama de la década de 1940. Me parecía que el Libro de la Revelación podía ser magia negra generada por las alucinaciones de un antiguo hombre primitivo. Y pensé que, a buen seguro, un Dios personal y benigno, si estaba prestando atención, no abandonaría a los que rechazan la interpretación literal de la cosmología bíblica. No deja de ser justo conceder puntos por la valentía intelectual. Mejor condenado con Platón y Bacon, decía Shelley, que ir al cielo con Paley y Malthus. Pero, por encima de todo, la teología baptista no tenía en cuenta la *evolución*. ¡A los autores bíblicos se les había escapado la más importante de todas las revelaciones! ¿Podía ser que no estuvieran en el secreto de los pensamientos de Dios? ¿Podían los pastores de mi infancia, aunque eran hombres buenos y cariñosos, estar equivocados? Todo esto era demasiado, y la libertad era muy dulce. Me aparté de la iglesia, no definitivamente agnóstico o ateo: simplemente, ya no era baptista.

Aún así, no sentía deseos de purgar sentimientos religiosos. Fueron creados en mí; llenaron las fuentes de mi vida creativa. También conservé una pequeña dosis de sentido común. Es decir, la gente debe pertenecer a una tribu; anhelan tener un objetivo mayor que ellos. Estamos obligados por los impulsos más profundos del espíritu humano a hacer de nosotros más que polvo animado, y hemos de tener una historia para contar acerca de dónde venimos y por qué estamos aquí. ¿Podían ser las Sagradas Escrituras solo el primer intento culto de explicar el universo y de hacernos significantes en él? Quizá la ciencia es una continuación, sobre un terreno nuevo y mejor probado, para conseguir el mismo objetivo. Si es así, entonces en este sentido la ciencia es religión liberada y gran escritura.

Tal es, así lo creo, el origen del hechizo jónico: preferir la búsqueda de la realidad objetiva a la revelación es otra manera de satisfacer el anhelo religioso. Es una empresa casi tan antigua como la civilización y está entretejida con la religión tradicional, pero sigue un rumbo muy distinto: el credo de un estoico, un gusto adquirido, una guía para la aventura trazada sobre terreno accidentado. Pretende salvar el espíritu no mediante la rendición, sino por la liberación de la mente humana. Su lema fundamental, como Einstein sabía, es la unificación del conocimiento. Cuando hayamos unificado lo suficiente determinado conocimiento, comprenderemos quiénes somos y por qué estamos aquí.

Si los que se comprometen en la búsqueda fracasan, serán perdonados. Si se pierden, encontrarán otro camino. El imperativo moral del humanismo es solo el empeño, ya tenga éxito o no, mientras el esfuerzo sea honorable y el fracaso memorable. Los antiguos griegos expresaron la idea en un mito de ambición desmedida. Dédalo escapa de Creta con su hijo Ícaro utilizando alas que ha fabricado con plumas y cera. Ignorando las advertencias de su padre, Ícaro vuela hacia el Sol, con lo que la cera de sus alas se derrite y él cae al mar. Este es el fin de Ícaro en el mito. Pero nos quedamos pensando: ¿era solo un muchacho alocado? ¿Pagó el precio de su arrogancia, de su orgullo ante los dioses? Me agrada pensar que, por el contrario, su osadía representa una gracia humana salvadora. Y así el gran astrofísico

Subrahmanyan Chandrasekhar pudo rendir tributo al espíritu de su maestro, *sir* Arthur Eddington, diciendo: «Veamos cuán alto podemos volar antes de que el Sol derrita la cera de nuestras alas».

# CAPÍTULO 2

## Las grandes ramas del saber

El lector verá enseguida por qué creo que los pensadores de la Ilustración de los siglos XVII y XVIII acertaron en gran parte la primera vez. Las hipótesis que hicieron acerca de un mundo material justo, de la unidad intrínseca del conocimiento y del potencial del progreso humano indefinido son las que todavía sentimos en nuestro corazón, aquellas cuya ausencia nos hace sufrir y las que encontramos reconfortantes al máximo a través de los planteamientos intelectuales. La mayor empresa de la mente siempre ha sido y siempre será el intento de conectar las ciencias con las humanidades. La actual fragmentación del conocimiento y el caos resultante en la filosofía no son reflejos del mundo real, sino artefactos del saber. Las proposiciones de la Ilustración original se ven cada vez más favorecidas por la evidencia objetiva, procedente en especial de las ciencias naturales.

La clave de la unificación es la consiliencia[1]. Prefiero esta palabra a «coherencia», porque su rareza ha conservado su precisión, mientras que coherencia tiene varios significados posibles, uno de los cuales es consiliencia. William Whewell, en su síntesis *Historia de las ciencias inductivas*, de 1840, fue el primero en hablar de consiliencia, literalmente un ‘saltar juntos’ del conocimiento mediante la conexión de sucesos y de teorías basadas en hechos de varias disciplinas para crear un terreno común de explicación. Whewell decía: «La consiliencia de las inducciones tiene lugar cuando una inducción obtenida a partir de una clase de hechos coincide con otra inducción obtenida a partir de otra clase distinta. Dicha consiliencia es una prueba de la verdad de la teoría en la que se presenta».

La única manera de establecer o de refutar la consiliencia es mediante métodos desarrollados en las ciencias naturales; y me apresuro a decir que no se trata de un esfuerzo liderado por científicos, ni congelado en la abstracción matemática, sino más bien de un esfuerzo fiel a los hábitos de pensamiento que han funcionado tan bien en la exploración del universo material.

La creencia en la posibilidad de consiliencia más allá de la ciencia y a través de las grandes ramas del saber no es todavía ciencia. Es una visión metafísica del mundo, y precisamente una visión minoritaria, que comparten solo unos pocos científicos y filósofos. No puede probarse mediante la lógica a partir de principios primeros ni basarse en ningún conjunto definido de pruebas empíricas, por lo menos no por ninguno que se haya concebido todavía. Su mejor apoyo no es otro que una extrapolación del éxito pasado y consistente de las ciencias naturales. Su prueba más segura será su efectividad en las ciencias sociales y en las humanidades. El mayor

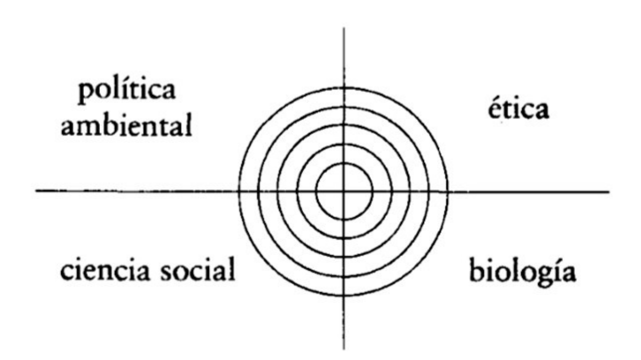
atractivo de la consiliencia está en la perspectiva de aventura intelectual y, aunque solo tenga un éxito modesto, en el valor de comprender la condición humana con un mayor grado de certeza.

Sea el lector indulgente conmigo mientras cito un ejemplo para ilustrar la afirmación que acabo de hacer. Piense en dos líneas que se intersecan formando una cruz, e imagine los cuatro cuadrantes que se crean de este modo. Llame a un cuadrante política ambiental, al siguiente ética, al otro biología y al cuadrante final ciencia social.

| | |
|---|---|
| política ambiental | ética |
| ciencia social | biología |

Intuitivamente, ya pensamos que estos cuatro ámbitos se hallan estrechamente conectados, de manera que la investigación racional en uno de ellos informa el razonamiento en los otros tres. Pero resulta innegable que cada uno de ellos se encuentra separado en la mente académica contemporánea. Cada uno de ellos tiene sus propios profesionales, su propio lenguaje, modos de análisis y normas de validación. El resultado es la confusión, y Francis Bacon ya identificó correctamente dicha confusión hace cuatro siglos como el más fatal de los errores, que «tiene lugar siempre que el argumento o la inferencia pasan de un mundo de experiencia a otro».

A continuación, trace el lector una serie de círculos concéntricos alrededor del punto de intersección.




A medida que atravesamos los círculos, desde el más externo en dirección al centro hacia el punto en el que los cuadrantes entran en contacto, nos encontramos en una

región que cada vez es más inestable y desorientador a. El anillo más cercano a la intersección, en el que existe el mayor número de problemas de la vida real, es aquel en el que más se necesita el análisis fundamental. Pero prácticamente no existe ningún mapa de dicha región. Pocos conceptos o palabras sirven para guiarnos. Solo en la imaginación podemos desplazarnos en el sentido de las agujas del reloj desde el reconocimiento de los problemas ambientales y la necesidad de una política sobre bases firmes, hasta la selección de soluciones basadas en el raciocinio moral, hasta los cimientos biológicos de dicho raciocinio, hasta una comprensión de las instituciones sociales en tanto que productos de la biología, el ambiente y la historia. Y, desde ahí, de vuelta a la política ambiental.

Considérese el siguiente ejemplo. En todo el mundo los gobiernos se las ven y se las desean para encontrar la mejor política para regular las menguantes reservas forestales del planeta. Existen pocas guías éticas establecidas a partir de las cuales pueda llegarse a un consenso, y estas se basan en un conocimiento insuficiente de la ecología. Incluso si se dispusiera del adecuado conocimiento científico, seguiría habiendo poca base para la valoración de los bosques a largo plazo. La economía del desarrollo sostenible sigue siendo un arte primitivo, y los beneficios psicológicos de los ecosistemas naturales suponen un tema casi completamente inexplorado.

Ha llegado el momento de realizar un viaje por la realidad. No se trata de un ejercicio ocioso para deleite de intelectuales. Lo sabiamente que se elija la política dependerá de la facilidad con la que el público educado, no solo los intelectuales y los líderes políticos, pueda pensar alrededor de este circuito y de otros similares, empezando en un punto cualquiera y moviéndose en cualquier dirección.

Preguntarse si puede obtenerse consiliencia en los ámbitos más internos de los círculos, de manera que de una disciplina a otra fluya un sólido juicio, equivale a preguntarse si, en el acopio de disciplinas, los especialistas pueden llegar a ponerse de acuerdo sobre un corpus común de principios abstractos y pruebas evidenciales. Creo que sí. La confianza en la consiliencia es el fundamento de las ciencias naturales. Al menos para el mundo material, el impulso se dirige de forma abrumadora hacia la unidad conceptual. Las fronteras entre disciplinas dentro de las ciencias naturales están desapareciendo, para ser sustituidas por ámbitos híbridos cambiantes en los que está implícita la consiliencia. Estos ámbitos cortan a través de muchos niveles de complejidad, desde la física química y la química física hasta la genética molecular, la ecología química y la genética ecológica. Ninguna de las nuevas especialidades se considera más que un foco de investigación. Cada una de ellas es una industria de ideas frescas y tecnología que avanza.

Dado que la acción humana comprende acontecimientos de causación física, ¿por qué habrían de ser las ciencias sociales y las humanidades impermeables a la consiliencia dentro de las ciencias naturales? ¿Y cómo pueden dejar de beneficiarse de tal alianza? No basta con decir que la acción humana es histórica, y que la historia es un despliegue de acontecimientos únicos. No existe nada fundamental que separe

el curso de la historia humana del curso de la historia física, ya se desenvuelva en las estrellas o en la diversidad orgánica. La astronomía, la geología y la biología evolutiva son ejemplos de disciplinas fundamentalmente históricas y que están ligadas por consiliencia al resto de las ciencias naturales. La historia es en la actualidad una rama fundamental del saber por derecho propio, hasta el menor detalle. Pero si se pudieran reseguir diez mil historias de humanoides en diez mil planetas parecidos a la Tierra, y del estudio comparado de tales historias surgieran pruebas y principios empíricos, la historiografía (la explicación de las tendencias históricas) sería ya una ciencia natural.

El programa de unificación no cae bien a algunos filósofos profesionales. Consideran que el tema del que me ocupo es de su propiedad, que hay que expresarlo en su lenguaje, en su marco de referencia de pensamiento formal. Lanzarán esta acusación: *combinación, simplismo, reduccionismo ontológico, cientifismo* y otros pecados que el sufijo «sibilante» hará oficiales. Ante lo cual me confieso culpable, culpable y culpable. Y ahora vamos a seguir. La filosofía desempeña un papel vital en la síntesis intelectual, y nos mantiene vivos en el poder y la continuidad del pensamiento a través de los siglos. Atisba asimismo hacia el futuro para dar forma a lo desconocido, y esta ha sido siempre su vocación preferida. Uno de sus practicantes más distinguidos, Alexander Rosenberg, ha afirmado recientemente que la filosofía, en realidad, trata únicamente de dos temas: las cuestiones a las que las ciencias (físicas, biológicas y sociales) no pueden dar respuesta y las razones de dicha incapacidad. «Ahora bien, naturalmente —concluye—, puede que no haya ninguna pregunta a la que las ciencias no puedan dar respuesta finalmente, a la larga, cuando se conozcan todos los hechos, pero ciertamente hay preguntas a las que las ciencias no pueden dar respuesta *todavía*». Esta afirmación es admirablemente clara, honesta y convincente. Sin embargo, olvida el hecho evidente de que los científicos se hallan igualmente calificados para juzgar qué es lo que queda por descubrir y por qué. Nunca ha habido una mejor época para la colaboración entre los científicos y los filósofos, en especial allí donde estos se encuentran en las tierras fronterizas entre la biología, las ciencias sociales y las humanidades. Nos estamos acercando a una nueva era de síntesis, en la que la comprobación de la consiliencia es el mayor de todos los retos intelectuales. La filosofía, la contemplación de lo desconocido, es un ámbito que se está reduciendo. Tenemos el objetivo común de convertir en ciencia tanta filosofía como sea posible.

Si el mundo funciona realmente de manera que fomenta la consiliencia del conocimiento, creo que la empresa de la cultura acabará por caer dentro de la ciencia, es decir, de las ciencias naturales, y de las humanidades, en particular las artes creativas. Estos ámbitos serán las dos grandes ramas del saber en el siglo XXI. Las ciencias sociales continuarán dividiéndose dentro de cada una de sus disciplinas, proceso que ya ha comenzado de manera rencorosa, y una parte caerá dentro de la

biología o se hará continua con esta, y la otra se fusionará con las humanidades. Sus disciplinas continuarán existiendo, pero en una forma radicalmente alterada. En el proceso, las humanidades, que van desde la filosofía y la historia hasta el raciocinio moral, la religión comparada y la interpretación de las artes, se acercarán más a las ciencias y en parte se fusionarán con ellas. De estos diversos temas diré más cosas en los siguientes capítulos.

Admito que la confianza de los científicos naturales parece a veces petulante. La ciencia ofrece la metafísica más atrevida de la época. Se trata de un invento completamente humano, impulsado por la fe de que si soñamos, presionamos para descubrir, explicamos y volvemos a soñar, con lo que nos zambullimos repetidamente en terreno nuevo, el mundo se hará de algún modo más claro y captaremos las verdaderas peculiaridades del universo. Y resultará que las peculiaridades están todas conectadas y tienen sentido.

En su clásico de 1941 *Man on His Nature*, el neurobiólogo británico Charles Sherrington escribió sobre el cerebro como un telar encantado, que teje perpetuamente una imagen del mundo externo, rasgando y volviendo a tejer, inventando otros mundos, creando un universo en miniatura. La mente comunal de las sociedades cultas (la cultura mundial) es un telar muchísimo mayor. A través de la ciencia ha conseguido la capacidad de cartografiar la realidad externa mucho más allá del alcance de una única mente, y a través de las artes, los medios para construir narraciones, imágenes y ritmos que son inconmensurablemente más diversos que los productos de ningún genio solitario. El telar es el mismo para ambas empresas, para la ciencia y para las artes, y existe una explicación general de su origen y naturaleza, y por lo tanto de la condición humana, que se origina en la historia profunda de la evolución genética y llega hasta la cultura moderna. La consiliencia de la explicación causal es el medio por el que la mente única puede viajar de la manera más veloz y segura desde una parte a otra de la mente comunal.

En la educación, la búsqueda de la consiliencia es la manera de renovar la estructura que se desmorona de las artes liberales. Durante los últimos treinta años el ideal de la unidad del saber, que el Renacimiento y la Ilustración nos legaron, ha sido abandonado en gran parte. Con raras excepciones, las universidades y las facultades de Estados Unidos han disuelto sus currículos en una lechada de disciplinas menores y cursos especializados. Mientras que el número promedio de cursos en las carreras universitarias se duplicó, el porcentaje de cursos obligatorios en la educación general se redujo a menos de la mitad. En el mismo período la ciencia se vio secuestrada; mientras estoy escribiendo, en 1997, solo un tercio de las universidades exigen que sus estudiantes sigan al menos un curso de ciencias naturales. La tendencia no puede invertirse empachando a los estudiantes con algo de aquí y algo de allí, tomado de entre las ramas del saber. Gane o pierda, la verdadera reforma se dirigirá a la consiliencia de la ciencia con las ciencias sociales y las humanidades en la academia y la enseñanza. Todo estudiante universitario deberá poder contestar la siguiente

pregunta: ¿cuál es la relación entre la ciencia y las humanidades, y en qué modo esta relación es importante para el bienestar humano?

Todo intelectual público y todo líder político debieran asimismo ser capaces de responder a dicha pregunta. En la actualidad, la mitad de la legislación que llega al Congreso de Estados Unidos posee importantes componentes científicos y tecnológicos. La mayoría de los asuntos que inquieta diariamente a la humanidad (conflictos étnicos, escalada armamentística, superpoblación, aborto, ambiente, pobreza endémica, para citar algunos de los que con más persistencia nos encontramos) no puede resolverse sin integrar conocimientos procedentes de las ciencias naturales con los de las ciencias sociales y las humanidades. Solo el flujo a través de las fronteras proporcionará una clara visión del mundo tal como es realmente, y no tal como se ve desde la óptica de las ideologías y de los dogmas religiosos o como impone la respuesta miope a las necesidades inmediatas. Pero la inmensa mayoría de nuestros líderes políticos tiene una formación exclusivamente en las ciencias sociales y las humanidades, y no conoce las ciencias naturales, o las conoce muy poco. Lo mismo ocurre con los intelectuales públicos, los articulistas, los que crean opinión desde los medios y los guías espirituales de la intelectualidad. Sus mejores análisis son meticulosos y responsables, y a veces correctos, pero la base sustancial de su sabiduría es fragmentaria y sesgada.

No se puede adquirir una perspectiva equilibrada estudiando las disciplinas a retazos, sino a través de la búsqueda de la consiliencia entre ellas. Tal unificación será difícil. Pero pienso que es inevitable. Desde el punto de vista intelectual tienen sentido y gratifican los impulsos que surgen del lado admirable de la naturaleza humana. En la medida en que las brechas entre las grandes ramas del saber puedan reducirse, la diversidad y la profundidad del conocimiento aumentarán. Lo harán debido a la cohesión subyacente lograda, y no a pesar de ella. La empresa es importante por otra razón adicional: confiere un objetivo último al intelecto. Promete que, más allá del horizonte, hay orden, no caos. Pienso que es inevitable que aceptemos la aventura, vayamos allí y descubramos qué hay.

# CAPÍTULO 3

# La Ilustración

El sueño de la unidad intelectual floreció por primera vez y por completo en la Ilustración original, un vuelo de Ícaro de la mente que se extendió por los siglos XVII y XVIII. Una visión del saber secular al servicio de los derechos del hombre y del progreso humano fue la mayor contribución de Occidente a la civilización. Inició la era moderna para todo el mundo; todos somos sus herederos. Y después fracasó.

De manera sorprendente, fracasó. ¿Cuándo termina dicho periodo histórico? Acaba cuando, por la razón que sea, por lo general como consecuencia de la guerra y la revolución, sus ideas ya no dominan. Por ello, es de la mayor importancia comprender la naturaleza esencial de la Ilustración y las debilidades que la hicieron caer. Puede decirse que ambas se encuentran encarnadas en la vida del marqués de Condorcet. En particular, no hay un acontecimiento único que señale mejor el final de la Ilustración que su muerte, el 29 de marzo de 1794. Las circunstancias fueron exquisitamente irónicas. Se ha llamado a Condorcet el profeta de las Leyes del Progreso. En virtud de su imponente intelecto y de su visionario liderazgo político, parecía destinado a surgir de la Revolución como el Jefferson de Francia. Pero a finales de 1793 y principios de 1794, mientras estaba componiendo el último programa de la Ilustración, *Esbozo para un cuadro histórico de los progresos del espíritu humano*, era en cambio un fugitivo de la ley, susceptible de ser condenado a muerte por los representantes de la causa a la que tan fielmente había servido. Su crimen era político: se le suponía girondino, miembro de una facción considerada demasiado moderada (demasiado razonable) por los jacobinos radicales. Peor aún, había criticado la constitución elaborada por la Convención Nacional, dominada por jacobinos. Murió en el suelo de una celda de la prisión de Bourg-la-Reine, después de ser apaleado por los aldeanos que le habían capturado mientras huía. Con toda seguridad lo hubieran enviado a las autoridades de París para que lo juzgaran. La causa de la muerte se desconoce. En aquel tiempo se descartó el suicidio. Pero, no obstante, es posible que tomara veneno, que siempre llevaba consigo; también podría haber sufrido un trauma o un ataque cardíaco. Al menos se libró de la guillotina.

La Revolución francesa obtuvo su fuerza intelectual de hombres y mujeres como Condorcet. Se preparó con el aumento de la oportunidad educativa, y después fue estimulada por la idea de los derechos humanos universales. Pero al tiempo que la Ilustración parecía a punto de conseguir mediante estos medios la realización política en Europa, algo funcionó terriblemente mal. Lo que al principio parecían inconsistencias menores crecieron y se convirtieron en fracasos catastróficos. Jean-

Jacques Rousseau había introducido, treinta años antes, en *El contrato social*, la idea que posteriormente habría de inspirar el lema popular «Libertad, Igualdad, Fraternidad». Pero también había inventado la devastadora expresión de la «voluntad general» para conseguir tales objetivos. La voluntad general, decía, es el imperio de la justicia sobre el que se han puesto de acuerdo asambleas de personas libres cuyo interés estriba solo en servir al bienestar de la sociedad y al de cada persona en ella. Cuando se consigue, forma un contrato soberano que es «siempre constante, inalterable y puro […] Cada uno de nosotros pone su persona y todo su poder en común bajo la dirección suprema de la voluntad general, y en nuestra capacidad corporativa recibimos a cada miembro como una parte indivisible del total». Los que no se someten a la voluntad general, continuaba Rousseau, son desviacionistas sujetos a la fuerza necesaria por parte de la asamblea. No hay otra manera de conseguir una democracia verdaderamente igualitaria, y de liberar así a la humanidad de las cadenas que por todas partes la atenazan.

Robespierre, cabecilla del reinado del Terror que sobrecogió a la Revolución en 1793, comprendió demasiado bien esta lógica. Él y sus amigos jacobinos pusieron en práctica en toda Francia la fuerza necesaria de Rousseau para que incluyera condenas y ejecuciones sumarias para todos aquellos que se oponían al nuevo orden. Unos trescientos mil nobles, sacerdotes, disidentes políticos y otros alborotadores fueron encarcelados, y diecisiete mil de ellos murieron aquel mismo año. En el universo de Robespierre, los objetivos de los jacobinos eran nobles y puros. Eran, como escribió serenamente en febrero de 1794 (poco antes de que, también él, fuera guillotinado), «el deleite pacífico de la libertad y la igualdad, el imperio de aquella justicia eterna cuyas leyes han sido grabadas […] en los corazones de los hombres, incluso en el corazón del esclavo que no las conoce y del tirano que las niega».

Así tomó forma la fácil cohabitación de la ideología igualitaria y la coacción salvaje que habría de infestar los dos siglos siguientes. El razonamiento era como sigue: es mejor exiliar de la tribu a los renuentes a comprometerse con la sociedad perfecta que arriesgarse a la infección del disentimiento. El demagogo solo pide la unidad de propósito en pro de la virtud: «Amigos ciudadanos (camaradas, hermanos y hermanas, *Volk*), para hacer una tortilla hay que romper los huevos. Para conseguir tan noble fin, puede ser necesario emprender una guerra». Una vez la Revolución se hubo calmado, el principio fue administrado por Napoleón y los soldados de la Revolución, quienes, habiéndose metamorfoseado en la *grande armée*, estaban dispuestos a extender la Ilustración mediante conquista. En cambio, dieron a Europa un motivo adicional para dudar de la soberanía de la razón.

En realidad, la razón nunca había sido soberana. La decadencia de la Ilustración fue apresurada no solo por los tiranos que la utilizaban como justificación, sino por una oposición intelectual emergente y con frecuencia válida. Su sueño de un mundo al que el intelecto libre haría ordenado y pleno había parecido indestructible al principio, el objetivo instintivo de todos los hombres. Sus creadores, que se contaban

entre los mayores sabios desde Platón y Aristóteles, demostraron qué es lo que puede conseguir la mente humana. Isaiah Berlin, uno de los más perspicaces historiadores de la Ilustración, los elogió justamente del siguiente modo: «El poder intelectual, la honestidad, la lucidez, la valentía y el amor desinteresado por la verdad de los pensadores más dotados del siglo XVIII sigue en la actualidad sin tener parangón. Su época es uno de los mejores y más esperanzadores episodios de la vida de la humanidad». Pero llegaron demasiado lejos, y sus mejores esfuerzos no fueron suficientes para crear el producto sostenido que su visión presagiaba.

Su espíritu estaba condensado en la vida del malaventurado Marie-Jean-Antoine-Nicolas Caritat, marqués de Condorcet. Fue el último de los *philosophes* franceses, los filósofos públicos del siglo XVIII que se sumergieron en los temas políticos y sociales de su tiempo. Voltaire, Montesquieu, D'Alembert, Diderot, Helvétius y el tutor de Condorcet, el economista y estadista Anne-Robert-Jacques Turgot, barón de l'Aulne; todo este conjunto notable había desaparecido en 1789. Condorcet fue el único de sus filas que vivió para ver la Revolución. Se entregó totalmente a ella y trabajó en vano para controlar su fuerza demoníaca.

Condorcet nació en 1743 en la Picardía, una de las provincias más septentrionales de la vieja Francia; era miembro de una familia antigua y noble cuyos orígenes estaban en el Delfinado, la provincia sudoriental de la que tomaba su título el delfín, el hijo primogénito del rey. Los Caritat eran miembros hereditarios de la *noblesse d'épée*, la orden de la espada, tradicionalmente dedicados al servicio militar, y de condición social superior a la *noblesse de robe*, o funcionarios civiles de alto rango.

Con gran desengaño de su familia, Condorcet eligió no ser soldado como su padre, sino matemático. A los dieciséis años de edad, mientras todavía era estudiante en el Colegio de Navarra de París, leyó públicamente su primera contribución al tema. Pero después de haber entrado en la única profesión científica en la que el talento puede clasificarse con toda seguridad en niveles a los veinte años de edad, Condorcet resultó no ser un matemático de primer orden, y desde luego estaba muy lejos de sus grandes contemporáneos Leonhard Euler y Pierre Simon de Laplace. Aún así, destacó lo suficiente para ser elegido, a la edad excepcionalmente joven de veinticinco años, miembro de la Académie des Sciences, y a los treinta y dos años se convirtió en su secretario permanente. En 1780, a la edad de treinta y ocho años, fue aceptado en la augusta Académie Française, árbitro del lenguaje literario y pináculo del reconocimiento intelectual en su país.

La principal realización científica de Condorcet fue la aplicación pionera de las matemáticas a las ciencias sociales, logro que compartió con Laplace. Se inspiró en la idea, básica en el programa de la Ilustración, de que lo que se había conseguido en las matemáticas y la física puede extenderse a las acciones colectivas de los hombres. Su *Ensayo sobre la aplicación del análisis a la probabilidad de las decisiones de la mayoría*, de 1785, es un precedente distante de la teoría de decisiones actual. Sin

embargo, como ciencia pura no es impresionante. Mientras Laplace desarrolló el cálculo de probabilidades y lo aplicó con brillantez a la física, Condorcet hizo avances menores en matemáticas y utilizó las técnicas que inventó, con poco efecto, en el estudio del comportamiento político. Aún así, la idea de que la acción social podía analizarse cuantitativamente e incluso predecirse fue original de Condorcet. Influyó sobre el desarrollo posterior de las ciencias sociales, especialmente en el trabajo de los primeros sociólogos Auguste Comte y Adolphe Quételet a principios del siglo XIX.

Se ha llamado a Condorcet «el filósofo noble», en relación no solo con su rango social sino con su carácter y su conducta. Sin ironía, sus amigos le apodaban *le Bon* Condorcet, Condorcet *el Bueno*. Julie de Lespinasse, que presidía su salón favorito, en la Rue de Belle Chasse, lo describía así en una carta a una amiga: «Su fisonomía es dulce y serena; su porte está marcado por la sencillez y la negligencia», lo que refleja la «absoluta calidad de su alma».

Era infatigablemente amable y generoso con los demás, incluso con Jean-Paul Marat, celoso hasta la virulencia, cuyas propias ambiciones en ciencia no fueron recompensadas y que con gusto hubiera visto muerto a Condorcet. Estaba apasionadamente comprometido con el ideal de la justicia social y el bienestar de los demás, tanto a nivel individual como colectivo. Se opuso, con considerable riesgo político, a la política colonial de Francia. Con La Fayette y Mirabeau fundó la organización antiesclavista Sociedad de Amigos de los Negros. Incluso después de haberse escondido durante el Terror, sus argumentos contribuyeron a la abolición de la esclavitud por la Convención Nacional.

Liberal hasta la médula, seguidor del filósofo inglés John Locke, Condorcet creía en los derechos naturales de los hombres y, como su contemporáneo Immanuel Kant, buscaba imperativos morales que guiaran las pasiones, y no al revés. Se unió a Tom Paine para crear *Le Républicain*, un periódico revolucionario que promovía la idea de un Estado progresista e igualitario. «Llegará el tiempo —escribió más tarde— en que el sol brillará únicamente sobre hombres libres que no conocerán otro dueño que su razón».

Condorcet fue un erudito con una memoria casi fotográfica, para quien el conocimiento era un tesoro que había que adquirir de manera inexorable y compartir libremente. Julie de Lespinasse, locamente enamorada, elogiaba en particular estas cualidades: «Conversad con él, leed lo que ha escrito; hablad con él de filosofía, *belles lettres*, ciencias, artes, gobierno, jurisprudencia y, cuando lo hayáis oído, os diréis cien veces al día que es el hombre más sorprendente que hayáis oído jamás; no ignora nada, ni siquiera las cosas más ajenas a sus gustos y ocupaciones; sabrá […] las genealogías de los cortesanos, los detalles del orden público y los nombres de los sombreros que están de moda; en realidad, nada queda fuera de su atención, y su memoria es tan prodigiosa que nunca ha olvidado nada».

Esta combinación de talento y personalidad propulsó rápidamente a Condorcet a

los niveles más encumbrados de la sociedad parisina prerrevolucionaria y estableció su reputación como el más joven de los *philosophes*. Su afición por la síntesis le llevó a encajar en un todo coherente las principales ideas que representaban, si es que puede decirse legítimamente que una tal colección lo hacía, la posición de la Ilustración tardía. Sobre la naturaleza humana era un criancista: creía que la mente es moldeada completamente por su ambiente, de modo que los seres humanos son libres de hacer de ellos mismos y de su sociedad lo que quieran. Por lo tanto, era un perfectibilista: la calidad de la vida humana, insistía, puede mejorarse indefinidamente. Desde el punto de vista político era un revolucionario completo, a la vez anticlerical y republicano, con lo que se apartaba de Voltaire y otros que querían «destruir el altar pero conservar el trono». En ciencia social Condorcet era un historicista, que creía que puede leerse la historia para comprender el presente y predecir el futuro. Como eticista, estaba comprometido con la idea de la unidad de la raza humana. Y aunque era igualitarista, no era un multiculturalista en el sentido que se da hoy en día al término, sino que más bien pensaba que todas las sociedades acabarían por evolucionar hacia la civilización elevada de Europa. Por encima de todo, era un humanitario que veía en la política menos una fuente de poder que un medio para poner en práctica elevados principios morales.

Con el estallido de la Revolución en 1789, Condorcet se apartó abruptamente de la erudición y se lanzó a la política. Sirvió durante dos años como miembro electo a la Comuna de París, y cuando en 1791 se formó la Asamblea Legislativa, se convirtió en diputado por París. Inmensamente popular entre sus camaradas revolucionarios, fue nombrado uno de los secretarios de la Asamblea, después elegido vicepresidente y finalmente presidente. Cuando en 1792 la Asamblea fue sucedida por la Convención Nacional y se estableció la República, Condorcet fue elegido representante del departamento del Aisne, parte de su provincia natal de Picardía.

A lo largo de su breve carrera pública, Condorcet intentó no intervenir en la política partidista. Tenía amigos tanto entre los girondinos moderados como entre los izquierdistas *Montagnards* (así llamados porque sus diputados se sentaban en los bancos más altos, la «Montaña», de la Asamblea). No obstante, se le identificó con los girondinos, y tanto más cuando los *Montagnards* cayeron bajo el ataque del ala radical del Club Jacobino de París. Tras el derrocamiento de los girondinos durante las insurrecciones populares de 1793, los *Montagnards* controlaron la Convención y después el Comité de Salvación Pública, que gobernó Francia durante el año que duró el Terror. Fue durante este espasmo de homicidio oficial que Condorcet pasó de ser un héroe a sospechoso de criminal, y la Convención Nacional ordenó su arresto.

Cuando se enteró de la orden de arresto, Condorcet huyó a la casa de huéspedes de *madame* Vernet, en la Rue Servandoni del viejo París, donde permaneció escondido durante ocho meses. En abril de 1794 se descubrió el refugio, y unos amigos le avisaron de que su arresto era inminente. Se escapó de nuevo, y durante varios días vagó desamparado hasta que fue reconocido y arrojado a la prisión de

Bourg-la-Reine.

Durante su estancia en la Rué Servandoni, Condorcet escribió su obra maestra, *Esbozo para un cuadro histórico de los progresos del espíritu humano*. Fue una notable proeza de mente y voluntad. Inseguro hasta la desesperación, sin libros, basándose solo en su prodigiosa memoria, compuso una historia intelectual y social de la humanidad. El texto, cuyo tono es implacablemente optimista, apenas contiene mención alguna de la Revolución ni de ninguno de sus enemigos en las calles de París. Condorcet escribía como si el progreso social fuera inevitable, y las guerras y revoluciones fueran simplemente la manera que tenía Europa de corregirse.

Su sereno aplomo surgía de la convicción de que la cultura es gobernada por leyes tan exactas como las de la física. Solo necesitamos comprenderlas, escribió, para mantener a la humanidad en su derrotero predestinado hacia un orden social más perfecto gobernado por la ciencia y la filosofía secular. Dichas leyes, añadía, pueden aducirse a partir del estudio de la historia pretérita.

Por equivocado que estuviera en los detalles y en su desesperada confianza en la naturaleza humana, Condorcet hizo una gran contribución al pensamiento con su insistencia de que la historia es un proceso material en evolución. «El único fundamento para creer en las ciencias naturales —declaró— es la idea de que las leyes generales que dirigen los fenómenos del universo, conocidos o desconocidos, son necesarias y constantes. ¿Por qué habría de ser tal principio menos cierto para el desarrollo de las facultades intelectuales y morales del hombre que para otras operaciones de la naturaleza?».

Cuando estas palabras se escribieron la idea estaba ya en el aire. Pascal había comparado la raza humana con un hombre que no muere nunca y que siempre va adquiriendo conocimientos, mientras que Leibniz habló del Presente cargado de Futuro. Turgot, el amigo y patrocinador de Condorcet, había escrito cuarenta años antes del *Esbozo* de Condorcet que «todas las épocas están unidas por una secuencia de causas y efectos, que conectan la condición del mundo a todas las condiciones que han pasado ante él». En consecuencia, «la raza humana, observada desde su mismo comienzo, parece a los ojos del filósofo un enorme agujero que, como cada individuo en ella, tiene su propia infancia y su propia condición de crecimiento». Kant, en 1784, expresaba el germen del mismo concepto, observando en particular que las disposiciones racionales del hombre están destinadas a expresarse como un todo en la especie, no en el individuo.

El progreso inevitable es una idea que ha sobrevivido a Condorcet y a la Ilustración. Ha ejercido, en momentos distintos y de manera variada para bien o para mal, una poderosa influencia hasta el día de hoy. En el capítulo final del *Esbozo*, «La décima etapa: el progreso futuro de la mente humana», Condorcet se muestra frívolamente optimista sobre su prospectiva. Asegura al lector que el glorioso proceso está en marcha: todo irá bien. Su visión del progreso humano hace pocas concesiones a las tercas cualidades negativas de la naturaleza humana. Cuando toda la humanidad

haya alcanzado un nivel superior de civilización, se nos dice, las naciones serán iguales, y dentro de cada nación los ciudadanos serán asimismo iguales. La ciencia florecerá e indicará el camino. El arte será libre de crecer en poder y belleza. El crimen, la pobreza, el racismo y la discriminación sexual disminuirán. La duración de la vida humana, mediante la medicina con base científica, se alargará de manera indefinida. Mientras la sombra del Terror se hacía más ominosa afuera, *le Bon* Condorcet concluía:

¡Qué confortante para el filósofo que lamenta los errores, los crímenes, las injusticias que todavía contaminan la Tierra, y de los que con frecuencia él suele ser la víctima, es esta visión de la raza humana, emancipada de sus grilletes, liberada del imperio del sino y del de los enemigos de su progreso, que avanza con paso firme y seguro a lo largo de la senda de la verdad, la virtud y la felicidad! Es la contemplación de esta perspectiva la que le recompensa por todos sus esfuerzos para ayudar al progreso de la razón y a la defensa de la libertad.

La Ilustración dio origen a la moderna tradición intelectual de Occidente y a gran parte de su cultura. Pero, mientras que la razón era supuestamente el rasgo definidor de la especie humana y necesitaba solo algo más de refinamiento para florecer de forma universal, resultó insuficiente. La humanidad no prestaba atención. La humanidad pensaba de otra manera. Las causas de la decadencia de la Ilustración, que persisten hasta nuestros días, iluminan los manantiales laberínticos de la motivación humana. Vale la pena preguntarse, en particular en el actual invierno de nuestro descontento cultural, si puede recuperarse el espíritu original de la Ilustración: confianza, optimismo, la mirada en el horizonte. Y preguntarse, en honesta oposición, si *debe* recuperarse; ¿o acaso poseía en su primera concepción, como algunos han sugerido, un defecto de ángel tenebroso? ¿Pudo su idealismo haber contribuido al Terror, que presagiaba el sueño horrendo del estado totalitario? Si se puede consolidar el saber, también se puede diseñar la sociedad «perfecta» (una cultura, una ciencia), ya sea esta fascista, comunista o teocrática.

Sin embargo, la misma Ilustración no fue nunca un movimiento unificado. Fue menos un río feliz y determinado que una filigrana de arroyos deltaicos que se abren paso a lo largo de canales convolutos. Para cuando tuvo lugar la Revolución francesa ya era muy vieja. Surgió de la revolución científica a lo largo de los inicios del siglo XVII y alcanzó su mayor influencia en la academia europea durante el XVIII. Sus fundadores solían entrar en conflicto sobre temas fundamentales. La mayoría se enzarzaba de vez en cuando en digresiones y especulaciones absurdas, tales como buscar códigos ocultos en la Biblia o la sede anatómica del alma. No obstante, la superposición de su opinión era clara y lo suficientemente bien razonada para presentar esta caracterización simple: compartían la pasión de desmitificar el mundo y liberar la mente de las fuerzas impersonales que la aprisionan.

Les impulsaba la emoción del descubrimiento. Estaban de acuerdo en el poder de la ciencia para revelar un universo ordenado y comprensible y por medio de ello establecer una base duradera para el discurso racional y libre. Pensaban que la

perfección de los cuerpos celestes, que la astronomía y la física habían descubierto, podía servir como modelo para la sociedad humana. Creían en la unidad de todo el conocimiento, en los derechos humanos individuales, en la ley natural y en el progreso humano indefinido. Intentaban evitar la metafísica aunque los fallos y lo incompleto de sus explicaciones los obligaban a practicarla. Se oponían a la religión organizada. Despreciaban la revelación y el dogma. Apoyaban, o al menos toleraban, al Estado como un artificio que el orden civil requería. Creían que la educación y la justa razón beneficiarían enormemente a la humanidad. Unos pocos, como Condorcet, pensaban que los seres humanos eran perfectibles y capaces de conseguir una utopía política.

No los hemos olvidado. En sus primeras filas había un número desproporcionado del minúsculo grupo de científicos y filósofos reconocibles mediante un único nombre: Bacon, Hobbes, Hume, Locke y Newton en Inglaterra; Descartes y los *philosophes* del siglo XVIII que rodeaban a Voltaire en Francia; Kant y Leibniz en Alemania; Grotius en Holanda; Galileo en Italia.

Se ha puesto de moda hablar de la Ilustración como de una construcción idiosincrática de los varones europeos en una era pasada, una manera de pensar entre otras muchas construcciones generadas a lo largo del tiempo por una legión de otras mentes en otras culturas, cada una de las cuales merece una atención cuidadosa y respetuosa. A lo que la única respuesta decente es: sí, desde luego… hasta cierto punto. El pensamiento creativo es siempre precioso, y todo conocimiento tiene valor. Pero lo que más cuenta en el largo recorrido de la historia es la seminalidad y no el sentimiento[2]. Si preguntamos qué ideas fueron la simiente de la ética y de las esperanzas compartidas de la humanidad contemporánea, cuáles resultaron en los principales avances materiales de la historia, cuáles fueron las primeras de su clase y gozan hoy en día de la mayor emulación, entonces, en este sentido, la Ilustración, a pesar de la erosión de su visión original y a pesar de la debilidad de algunas de sus premisas, ha sido la principal inspiración no solo de la cultura superior europea, sino, cada vez más, del mundo entero.

La ciencia fue el motor de la Ilustración. Los autores de la Ilustración más científicamente inclinados estaban de acuerdo en que el cosmos es una existencia material ordenada regida por leyes exactas. Puede descomponerse en entidades que pueden medirse y disponerse en jerarquías, tales como sociedades, que están constituidas por personas, cuyo cerebro está hecho de nervios, que a su vez están compuestos de átomos. En principio, al menos, los átomos pueden volver a armarse en nervios, los nervios en cerebros, y las personas en sociedades, y el todo se interpreta como un sistema de mecanismos y fuerzas. Si se insiste todavía en una intervención divina, continuaban los filósofos de la Ilustración, piénsese en el mundo como la máquina de Dios. Las restricciones conceptuales que nublan nuestra visión del mundo físico pueden aliviarse para la mejora de la humanidad en todas las

esferas. Así Condorcet, en una época todavía no cargada por los hechos que todo lo complican, hacía un llamamiento a la iluminación de las ciencias morales y políticas por «la antorcha del análisis».

El gran arquitecto de este sueño no fue Condorcet, ni ninguno de los otros *philosophes* que tan bien lo expresaron, sino Francis Bacon. Entre los fundadores de la Ilustración, su espíritu es el que más perdura. Nos informa a través de cuatro siglos que debemos comprender la naturaleza, tanto la que nos rodea como la que está en nuestro interior, con el fin de poner a la humanidad en la dirección de la autosuperación. Hemos de hacerlo sabiendo que el destino está en nuestras manos y que la negación del sueño nos retrotrae a la barbarie. En su erudición Bacon cuestionó la solidez de la enseñanza clásica «delicada», aquellas formas medievales basadas en textos antiguos y el explayamiento lógico. Espoleó la confianza en la filosofía escolástica ordinaria, que demandaba un estudio de la naturaleza y de la condición humana en sus propios términos, sin artificio. Haciendo uso de sus extraordinarias intuiciones de los procesos mentales, observó que, puesto que «la mente, apresuradamente y sin elección, se empapa y atesora las primeras noticias de las cosas, de las que se siguen todo el resto, los errores deben prevalecer para siempre, y permanecer sin corregir». Así, el conocimiento no está bien construido, sino que «se parece a una magnífica estructura que carece de cimientos».

Y mientras los hombres están de acuerdo en admirar y magnificar los falsos poderes de la mente, y pasan por alto o destruyen los que podrían convertirse en realidad, no queda otro camino más que empezar de nuevo la obra, con mejor ayuda, y levantar o reconstruir las ciencias, las artes y todo el saber humano desde una base firme y sólida.

Reflexionando sobre todos los métodos de investigación posibles de que disponía su imaginación, llegó a la conclusión de que el mejor de ellos es la inducción, que es la reunión de un gran número de hechos y la detección de pautas. Con el fin de obtener la máxima objetividad, hemos de conservar solo un mínimo de ideas preconcebidas. Bacon proclamó una pirámide de disciplinas, de las que la historia natural formaba la base, por encima e incluyéndola se situaba la física, y la metafísica en el ápice, explicándolo todo… aunque quizá mediante poderes y formas alejados de la comprensión del hombre.

No fue un científico genial («No puedo enhebrar bien una aguja») ni versado en matemáticas, sino un pensador brillante que fundó la filosofía de la ciencia. Hombre del Renacimiento, consideraba, en su propia frase que se ha hecho famosa, que todo el saber era su provincia. Después penetró en la Ilustración como primer taxónomo y proveedor general del método científico. Fue el *buccinator novi temporis*, el ‘trompetero de los nuevos tiempos’ que convocaba a los hombres «a establecer la paz entre ellos, y a dirigirse con fuerzas unidas contra la naturaleza de las cosas, a tomar por asalto y ocupar sus castillos y ciudadelas, y a extender los límites del imperio humano».

Una manera de expresarse orgullosa y temeraria, pero apropiada para la época.

Bacon, nacido en 1561, era el hijo más joven de *sir* Nicholas y *lady* Ann Bacon, ambos bien educados y dedicados en desmesura a las artes. Durante su vida, Inglaterra, gobernada sucesivamente por Isabel I y Jaime I, pasó de manera tumultuosa de una sociedad feudal a una nación y a potencia colonial incipiente, con su religión propia, recién adquirida, y una clase media cada vez más poderosa. En el año de la muerte de Bacon, 1626, Jamestown era una colonia instituida con el primer gobierno representativo de Norteamérica, y los Peregrinos estaban instalados en Plymouth. Bacon vio cómo la lengua inglesa experimentaba su primera floración completa. Figura como uno de sus grandes maestros, aunque la consideraba un lenguaje provinciano y rudo y prefería escribir en latín. Vivió en una edad de oro de la industria y la cultura, rodeado por otros grandes realizadores globales, los más famosos de los cuales fueron Drake, Raleigh y Shakespeare.

Bacon gozó de los privilegios del rango a lo largo de todas las etapas de su vida. Se educó en el Trinity College de Cambridge, que unas décadas antes se había enriquecido mediante donaciones de tierras que le hizo Enrique VIII (y que un siglo después iba a ser el hogar de Newton). Se recibió de abogado en 1582 y dos años más tarde fue nombrado miembro del Parlamento. Prácticamente desde la infancia estuvo cerca del trono. Su padre era lord guardián del sello, el funcionario judicial de mayor jerarquía del país. Isabel pronto se fijó en el muchacho, y hablaba con frecuencia con él. Complacida por su conocimiento precoz y por la gravedad de su comportamiento, lo llamaba cariñosamente el joven lord guardián del sello.

Se convirtió en un cortesano habitual de por vida, ligando sus creencias políticas y sus fortunas a la Corona. Bajo Jaime I ascendió, mediante la adulación y el consejo sabio, a las cimas conmensuradas con su ambición: obtuvo el título de *sir* en 1603, el año del ascenso al trono de Jaime, y a continuación fue nombrado sucesivamente fiscal de la corona, lord guardián y, en 1618, lord canciller. Con este último cargo fue nombrado primer barón de Verulam, y poco después vizconde de Saint Albans.

Después, habiendo volado demasiado cerca de la llama real durante demasiado tiempo, Bacon sufrió al final quemaduras casi fatales. Se convirtió en el blanco de un círculo de enemigos personales resueltos que encontraron la cuña para su destrucción en sus enmarañadas finanzas, y en 1621 urdieron con éxito su impugnación como lord canciller. La acusación, de la que se declaró culpable, era por aceptación de sobornos («regalos», dijo él) mientras estaba en un cargo público de responsabilidad. Se le multó con una elevada cuantía, fue escoltado a través de la Puerta de los Traidores y encarcelado en la Torre de Londres. Sin doblegarse, escribió al momento al marqués de Buckingham: «Bondadoso Señor: Conseguid hoy mismo el mandamiento de mi descargo […] En cualquier caso, reconozco que la sentencia fue justa, y adecuada en aras de la corrección; he sido el canciller más justo que haya habido en los cinco cambios desde la época de *sir* Nicholas Bacon».

Fue todo esto, y más. Fue liberado a los tres días. Despojado finalmente de la carga de la ambición pública, pasó sus últimos días totalmente sumergido en

satisfecha erudición. Su muerte, a principios de la primavera de 1626, fue simbólicamente condigna, resultado de un experimento improvisado para comprobar una de sus ideas favoritas. «Mientras tomaba el aire en un coche con el doctor Witherborne en dirección a Highgate —informaba por aquel entonces John Aubrey —, la nieve cubrió el suelo, y a mi señor le vino a las mientes, ¿por qué no podía conservarse la carne en nieve, como se conserva en sal? Decidieron que iban a realizar el experimento de inmediato. Salieron del carruaje y se dirigieron a la casa de una mujer pobre en la base de la colina de Highgate, y compraron una gallina, e hicieron que la mujer le sacara las entrañas, y luego rellenaron el cuerpo con nieve, y mi señor ayudó él mismo a hacerlo. La nieve lo enfrió tanto que inmediatamente cayó tan enfermo que no pudo retornar a sus aposentos…». Se le llevó en cambio a la casa del conde de Arundel, que estaba cerca. Su estado siguió grave, y murió el 9 de abril, seguramente de neumonía.

El dolor de la desgracia había sido reprimido por el retorno a su verdadera vocación de erudito visionario. Como escribió en uno de sus proverbios, que es citado con frecuencia, «Aquel que muere en una empresa honesta es como aquel que es herido a sangre caliente, y que durante un tiempo apenas nota la herida». Consideraba que su vida era una lucha entre dos grandes ambiciones, y hacia el final de la misma lamentaba haber invertido tanto esfuerzo en el servicio público con una pérdida equivalente de tiempo dedicado al estudio. «Mi alma —reflexionaba— ha sido una extraña en el peregrinar de la vida».

Su genio, aunque de un tipo distinto, era parejo al de Shakespeare. Algunos han creído, erróneamente, que Bacon *era* Shakespeare. Unía a grandes dotes literarias, muy evidentes en *El progreso del saber*, la pasión por la síntesis, dos cualidades muy necesarias en el alba de la Ilustración. Su gran contribución al conocimiento fue la de un futurista culto. Propuso que el estudio del saber pasara del aprendizaje de memoria y del razonamiento deductivo a partir de los textos clásicos hacia un compromiso con el mundo. En la ciencia, proclamaba, está el futuro de la civilización.

Bacon definía la ciencia en sentido amplio y diferente de la concepción que normalmente se tiene de ella hoy, para incluir una prefiguración de las ciencias sociales y de parte de las humanidades. La comprobación repetida del conocimiento mediante la experimentación, insistía, es la arista cortante del saber. Pero para él la experimentación no solo significaba las manipulaciones controladas a la manera de la ciencia moderna. Eran todas las maneras por las que la humanidad produce cambios en el mundo a través de la información, la agricultura y la industria. Pensaba que las grandes ramas del saber estaban abiertas y evolucionaban constantemente («No te prometo nada»), pero no obstante se centraba de manera elocuente en su creencia en la unidad subyacente del saber. Rechazó las divisiones claras entre las disciplinas que predominaban desde Aristóteles. Y, por suerte, fue reticente en esta empresa cuando era necesario: se abstuvo de predecir de qué manera acabarían disponiéndose las grandes ramas del saber.

Bacon se explayó en el método de inducción como contrapunto a la deducción clásica medieval, pero no lo inventó. Aún así, merece el título de padre de la inducción, sobre el que se basó gran parte de su fama en los siglos posteriores. El procedimiento que prefería era mucho más que meras generalizaciones de hechos, tales como (para utilizar un ejemplo moderno) «el noventa por ciento de las especies de plantas poseen flores que son amarillas, rojas o blancas, y son visitadas por insectos». En lugar de ello, decía, debe empezarse por una descripción no sesgada de los fenómenos. Deben reunirse sus rasgos comunes en un nivel intermedio de generalización. Y después avanzar hacia niveles de generalización superiores, tales como: «Las flores han desarrollado colores y anatomía destinados a atraer a determinados tipos de insectos, y estos son los animales que las polinizan de manera exclusiva». El razonamiento de Bacon fue una mejora de los métodos de descripción y clasificación tradicionales que predominaban en el Renacimiento, pero anticipaba poco de los métodos de formación de conceptos, competencia de hipótesis y teoría que forman el núcleo de la ciencia moderna.

Fue en la psicología, y en particular en la naturaleza de la creatividad, donde la visión de Bacon alcanza una mayor distancia en el futuro. Aunque no utilizó esta palabra (que no fue acuñada hasta 1653), comprendió la importancia crítica de la psicología en la investigación científica y en todas las demás formas del saber. Tenía una sensación profundamente intuitiva de los procesos mentales del descubrimiento. Comprendía los medios por los que tales procesos se sistematizan de la mejor manera y se transmiten de forma más persuasiva. «La comprensión humana —escribió— no es luz seca, sino que recibe una infusión de la voluntad y los afectos; de ahí proceden las ciencias que podrían denominarse “ciencias como uno quiere”». No quería decir con ello que se distorsiona la percepción del mundo real mediante la interposición de un prisma de emoción. Todavía hay que adoptar directamente la realidad e informar de ella sin acobardarse. Pero también se transmite mejor de la misma manera como fue descubierta, conservando una viveza y un juego comparable de las emociones. La naturaleza y sus secretos han de ser tan estimulantes para la imaginación como lo son la poesía y las fábulas. A tal fin, Bacon nos advirtió que utilizáramos aforismos, ilustraciones, relatos, fábulas, analogías, cualquier cosa que transmita, tan claramente como un cuadro, la verdad desde el descubridor a sus lectores. La mente, decía, «no es como una tablilla de cera. En una tablilla no se puede escribir lo nuevo hasta que se borra lo viejo; en la mente no se puede borrar lo viejo excepto si se escribe lo nuevo».

Mediante la iluminación del proceso mental, Bacon deseaba reformar el razonamiento a través de todas las ramas del saber. Guardaos, decía, de los *ídolos de la mente*, las falacias en las que los pensadores indisciplinados caen con más facilidad. Son los verdaderos prismas distorsionadores de la naturaleza humana. Entre ellos, los ídolos de la *tribu* suponen más orden del que existe en la naturaleza caótica; los de la *cueva* encarceladora, las idiosincrasias de las creencias y pasiones

individuales; los del *mercado*, el poder de las simples palabras para inducir la creencia en cosas inexistentes; y los del *teatro*, la aceptación incondicional de los credos filosóficos y de las demostraciones engañosas. Apartaos de tales ídolos, nos exhortaba, observad el mundo en vuestro derredor tal como es realmente, y reflexionad sobre la mejor manera de transmitir la realidad tal como la habéis experimentado; ponedla en cada fibra de vuestro ser.

No quisiera, al situar tan arriba a Francis Bacon en este contexto, retratarlo como un hombre completamente moderno. Estaba lejos de serlo. Su amigo William Harvey, más joven, médico y científico real que hizo un descubrimiento fundamental, la circulación de la sangre, señalaba secamente que Bacon escribía filosofía como un lord canciller. Sus frases eran espléndidas para ser inscritas en el mármol y para ser usadas en los discursos de inauguración. La unidad de conocimiento que concebía estaba lejos del concepto actual de consiliencia, lejos de la conexión deliberada y sistemática de causa y efecto entre las diferentes disciplinas. Ponía énfasis, en cambio, en los métodos comunes de investigación inductiva que podían servir de manera óptima a todas las ramas del saber. Buscaba las técnicas que mejor transmiten el conocimiento adquirido, y a tal fin abogaba por el empleo completo de las humanidades, incluyendo el arte y la ficción, como el mejor medio para desarrollar y expresar la ciencia. La ciencia, tal como la definió de manera general, debería ser poesía, y la poesía, ciencia. Esto, al menos, tiene un sonido agradablemente moderno.

Bacon imaginaba un conocimiento disciplinado y unificado como la clave para la mejora de la condición humana. Gran parte de la verdadera biblioteca que se acumuló bajo su pluma sigue siendo de interesante lectura, desde sus ensayos y máximas, que se citan con frecuencia, hasta *El progreso del saber* (1605), *Novum organum* (1620) y *La nueva Atlántida* (1627), esta última una fábula utópica sobre una sociedad basada en la ciencia. Gran parte de su filosofía y de sus escritos de ficción estaban destinados a poner en práctica el proyecto de la unificación del conocimiento, que él llamaba *Instauratio Magna*, literalmente la ‘Gran Instauración’, o el ‘Nuevo Comienzo’.

Su filosofía hizo levantar la perspectiva de un público reducido pero influyente. Ayudó a preparar la revolución científica que iba a florecer de forma espectacular en las décadas venideras. Hasta el día de hoy, su visión sigue siendo el núcleo de la ética científico-tecnológica. Fue una figura magnífica que se elevó en solitario por necesidad de las circunstancias, que consiguió esta combinación conmovedora de humildad y arrogancia inocente que solo se encuentra en los grandes eruditos. Bajo el título del *Novum organum* hizo que el editor imprimiera estas líneas:

FRANCIS DE VERULAM
razonó así consigo mismo
y consideró que era de interés para las generaciones
presentes y futuras que estuvieran informadas
de sus pensamientos.

Todas las historias que perviven en nuestros corazones están pobladas por arquetipos en narraciones míticas, y creo que ahí reside parte del encanto de Francis Bacon y explica por qué su fama perdura. En el cuadro de la Ilustración, Bacon es el heraldo de la aventura. Hay un mundo nuevo que aguarda, anunció; empecemos la larga y difícil marcha por su terreno no cartografiado. René Descartes, el fundador de la geometría algebraica y la filosofía moderna, y sabio preeminente de la Francia de todos los tiempos, es el tutor en la narración. Como Bacon antes que él, invitó a los intelectuales (entre los que pronto figuraría el joven Isaac Newton) a realizar la empresa científica. Descartes demostró cómo hacer ciencia con la ayuda de la deducción precisa, cortando hasta el tuétano de cada fenómeno y reduciéndolo a sus partes esenciales. El mundo es tridimensional, explicaba, de modo que dejemos que la percepción que tenemos de él esté encuadrada en tres coordenadas; hoy se las denomina coordenadas cartesianas. Con ellas puede especificarse la longitud, anchura y altura de cualquier objeto con exactitud y pueden ser sometidas a operaciones matemáticas para explorar sus cualidades esenciales. Ejecutó este paso de forma elemental para reformular la notación algebraica de manera que pudiera usarse para resolver problemas complejos de geometría y, además, para explorar ámbitos de las matemáticas que se hallan más allá del ámbito visual del espacio tridimensional.

La visión panóptica de Descartes consideraba el conocimiento como un sistema de verdades interconectadas que en último término pueden abstraerse en las matemáticas. Decía que todo le había llegado en una serie de sueños a lo largo de una noche del mes de noviembre de 1619, en los que de algún modo, entre una agitación de símbolos (tronidos, libros, un espíritu maligno, un melón delicioso) percibió que el universo es a la vez racional y unido en todas partes por causa y efecto. Creía que esta concepción podía aplicarse desde la física a la medicina (y por tanto a la biología) e incluso al raciocinio moral. En este sentido, sentó las bases de la creencia en la unidad del saber que iba a influir profundamente en el pensamiento de la Ilustración en el siglo XVIII.

Descartes insistía en la duda sistemática como primer principio del saber. A su luz tenía que extenderse todo el conocimiento y comprobarse bajo el férreo marco de la lógica. Se permitió solo una premisa innegable, captada en la célebre frase «Cogito ergo sum»: ‘pienso, luego existo’. El sistema de la duda cartesiana, que todavía pervive en la ciencia moderna, es uno en el que todas las suposiciones posibles son eliminadas sistemáticamente de modo que solo quede un conjunto de axiomas sobre los que pueda basarse de manera lógica el pensamiento racional, y puedan diseñarse experimentos con rigor.

No obstante, Descartes hizo una concesión fundamental a la metafísica. Católico de toda la vida, creía en Dios como un ser absolutamente perfecto, manifestado por el poder de la idea de un tal ser en su propia mente. A partir de aquí, seguía argumentando a favor de la completa separación entre mente y materia. La estratagema le permitió poner de lado el espíritu para concentrarse en la materia

como mecanismo puro. En obras publicadas entre los años 1637 y 1649, Descartes introdujo el reduccionismo, el estudio del mundo como un conjunto de partes físicas que pueden desmenuzarse y analizarse por separado. El reduccionismo y el modelo matemático analítico estaban destinados a convertirse en los instrumentos intelectuales más potentes de la ciencia moderna. (El año 1642 fue memorable en la historia de las ideas: acababan de publicarse las *Meditationes de prima philosophia* de Descartes, pronto habrían de seguir los *Principia philosophiae*, murió Galileo y nació Newton).

A medida que se desarrollaba la historia de la Ilustración, Isaac Newton se puso a la par que Galileo como el más influyente de los héroes que atendieron la llamada de Bacon. Buscador inquieto de horizontes, asombrosamente ingenioso, inventó el cálculo antes que Gottfried Leibniz, cuya notación era sin embargo más clara y es la que utilizamos hoy en día. El cálculo resultó ser, en compañía de la geometría analítica, una de las dos técnicas matemáticas cruciales en física y, posteriormente, en química, biología y economía. Newton fue asimismo un experimentalista inventivo, uno de los primeros en reconocer que las leyes generales de la ciencia podrían descubrirse mediante la manipulación de los procesos físicos. Mientras investigaba prismas, demostró la relación de la refrangibilidad de la luz con el color, y de ahí la naturaleza compuesta de la luz solar y el origen del arco iris. Como ocurre en muchos grandes experimentos científicos, este es sencillo; cualquiera puede repetirlo rápidamente. Desdóblese con un prisma un haz de luz de manera que sus diferentes longitudes de onda resulten en los colores del espectro visible. Después, hágase que los colores se unan de nuevo para crear el haz de luz. Newton aplicó sus hallazgos a la construcción del primer telescopio de reflexión, un instrumento superior que un siglo después perfeccionaría el astrónomo inglés William Herschel.

En 1684 Newton formuló las leyes de gravedad de masa y distancia, y en 1687 las tres leyes del movimiento. Con estas formulaciones matemáticas consiguió el primer gran avance de la ciencia moderna. Demostró que las órbitas planetarias postuladas por Copérnico, y que Kepler demostró que eran elípticas, pueden predecirse a partir del primer principio de la mecánica. Sus leyes eran exactas e igualmente aplicables a toda la materia inanimada, desde el sistema solar a los granos de arena, y desde luego a la manzana que al caer había provocado que empezara a pensar en el tema veinte años antes (y que al parecer es una historia verdadera). El universo, decía, no solo es ordenado, sino también inteligible. Al menos parte del gran diseño de Dios podía escribirse con unas pocas líneas en un pedazo de papel. Su triunfo consagró el reduccionismo cartesiano en la gestión de la ciencia.

Debido a que Newton estableció el orden allí donde la magia y el caos había reinado antes, su impacto sobre la Ilustración fue enorme. Alexander Pope le dedicó un famoso pareado:

> Nature and Nature’s laws lay hid in nigth:

God said, Let Newton be! and all was light[3].

Bueno, no todo, y no todavía. Pero las leyes de la gravedad y del movimiento fueron un potente comienzo. E hicieron que los sabios de la Ilustración empezaran a pensar: ¿por qué no una solución newtoniana a los asuntos de los hombres? La idea se transformó en uno de los principales soportes del programa de la Ilustración. Ya en 1835, Adolphe Quételet proponía una «física social» como base de la disciplina que pronto se iba a llamar sociología. Auguste Comte, contemporáneo suyo, creía que una verdadera ciencia social era inevitable. «A los hombres —decía, haciéndose eco de Condorcet— no les está permitido pensar libremente sobre la química y la biología; así pues, ¿por qué les habría de estar permitido pensar libremente sobre la filosofía política?». Las personas, después de todo, no son más que máquinas complicadísimas. ¿Por qué razón su comportamiento e instituciones sociales no habrían de ajustarse a determinadas leyes naturales todavía indefinidas?

El reduccionismo, dada su sarta ininterrumpida de éxitos durante los tres siglos siguientes, puede parecer hoy en día la mejor manera y la más evidente sobre la que haber construido el conocimiento del mundo físico, pero ello no fue tan fácil de comprender en los albores de la ciencia. Los eruditos chinos nunca lo alcanzaron. Poseían la misma capacidad intelectual que los científicos occidentales, como lo evidencia el hecho de que, aunque mucho más aislados, adquirieron información científica con la misma rapidez con que lo hicieron los árabes, que poseían todo el saber griego como rampa de lanzamiento. Entre los siglos I y XIII llevaron la delantera a Europa por un amplio margen. Pero según Joseph Needham, el principal cronista europeo de las empresas científicas de los chinos, su atención se centraba en las propiedades holísticas y en las relaciones armoniosas y jerárquicas de las entidades, desde las estrellas a las montañas, y de estas a las flores y a la arena. En esta visión del mundo, las entidades de la naturaleza son inseparables y cambian de manera continua, no discretas y constantes tal como las concebían los pensadores de la Ilustración. Como resultado, los chinos nunca dieron con el punto de entrada de la abstracción y de la investigación analítica desmenuzadora que consiguió la ciencia europea en el siglo XVII.

¿Por qué no hubo un Descartes o un Newton bajo el mandato celestial? Las razones fueron históricas y religiosas. Los chinos tenían aversión a la ley abstracta codificada, que provenía de su desgraciada experiencia con los Legalistas, rígidos cuantificadores de la ley que gobernaron durante la transición desde el feudalismo a la burocracia en la dinastía Ts'in (221-206 a. C.). El legalismo se basaba en la creencia de que las personas son fundamentalmente antisociales y deben ser doblegadas a las leyes que colocan la seguridad del Estado por encima de sus deseos personales. Y lo que probablemente es todavía más importante, los eruditos chinos abandonaron la idea de un ser supremo con propiedades personales y creadoras. En

su universo no existía ningún autor racional de la naturaleza; en consecuencia, los objetos que describían meticulosamente no seguían principios universales, sino que operaban dentro de reglas particulares que seguían las entidades del orden cósmico. En ausencia de una necesidad imperiosa de la noción de leyes generales (pensamientos en la mente de Dios, por así decirlo), estas apenas eran buscadas o no lo eran en absoluto.

La ciencia occidental tomó la delantera en buena parte porque cultivó el reduccionismo y la ley física para ampliar el conocimiento del espacio y del tiempo más allá de lo que era abarcable únicamente con los sentidos. Sin embargo, el avance llevó la imagen que la humanidad tenía de sí misma más allá incluso de su percepción del resto del universo, y en consecuencia, la realidad completa del universo parecía hacerse cada vez más extraña. Los talismanes imperantes de la ciencia del siglo XX, la relatividad y la mecánica cuántica, se han convertido en el colmo de la rareza para la mente humana. Fueron concebidas por Albert Einstein, Max Planck y otros pioneros de la física teórica durante una búsqueda de verdades cuantificables que pudieran ser conocidas tanto por nuestra especie como por extraterrestres, y de este modo pudieran ser certificadas con independencia de la mente humana. Los físicos tuvieron un éxito magnífico, pero al mismo tiempo revelaron las limitaciones de la intuición sin la ayuda de las matemáticas; comprender la naturaleza, descubrieron, resulta muy difícil. La física teórica y la biología molecular son gustos adquiridos. El coste del avance científico es el reconocimiento humilde de que la realidad no está construida para ser comprendida fácilmente por la mente humana. Este es el lema cardinal de la interpretación científica: nuestra especie y sus maneras de pensar son un producto de la evolución, no la finalidad de la evolución.

Llegamos ahora al arquetipo final del cuadro épico, los guardianes de la cámara más recóndita. Los escritores más radicales de la Ilustración, sobre aviso de las implicaciones del materialismo científico, se dedicaron a reevaluar al mismo Dios. Inventaron un Creador obediente a sus propias leyes naturales, creencia conocida como deísmo. Impugnaban el teísmo judeocristiano, cuya divinidad es omnipotente y a la vez está personalmente interesada en los seres humanos, y rechazaron el mundo no material del cielo y del infierno. Al mismo tiempo, pocos se atrevieron a recorrer todo el camino y abrazar el ateísmo, lo que parecía implicar el sinsentido cósmico y corría el riesgo de ofender a los piadosos. De manera que, de una manera general, adoptaron una posición intermedia. El Dios Creador existe, concedían, pero solo le están permitidos las entidades y los procesos manifiestos en sus propias obras.

El credo deístico, al persistir en forma atenuada hasta el día de hoy, ha dado a los científicos licencia para buscar a Dios. De manera más precisa, ha inspirado a un número reducido para que hicieran un esbozo parcial de Él (¿Ella? ¿Ello? ¿Ellos? ¿Ellas?) a partir de sus meditaciones profesionales. Él es material en otro plano, pero no personal. Es, quizá, el gestor de universos alternativos que surgen de agujeros

negros, que ajusta las leyes y parámetros físicos con el fin de observar el resultado. Quizá veamos una tenue traza de Él en el modelo de ondas de la radiación cósmica de fondo, que data de los primeros momentos de nuestro propio universo. Alternativamente, podemos estar predestinados a llegar a Él en un futuro alejado miles de millones de años, en un punto omega de la evolución (unidad total, saber total), hacia el que la especie humana y las formas de vida extraterrestre estamos convergiendo. Debo decir que he leído muchas de tales ideas y, aun cuando han sido concebidas por científicos, las encuentro, de manera deprimente, impropias de la Ilustración. Que el Creador vive fuera de este universo y, de alguna manera, nos será revelado cuando este termine es lo que los teólogos nos han estado diciendo todo este tiempo.

Sin embargo, pocos científicos y filósofos, por no decir pensadores religiosos, se toman muy en serio las divagaciones festivas de la teología científica. Un enfoque más coherente e interesante, posiblemente al alcance de la física teórica, es intentar responder a la siguiente pregunta: ¿es posible un universo de partículas materiales discretas únicamente con un conjunto específico de leyes naturales y valores paramétricos? En otras palabras, ¿acaso la imaginación humana, que puede concebir otras leyes y valores, puede por ello sobrepasar la existencia posible? Cualquier acto de creación puede ser solo un subconjunto de los universos que podemos imaginar. A este respecto, se dice que Einstein señaló a su ayudante Ernst Straus, en un momento de reflexión neodeística: «Lo que realmente me interesa es si Dios tuvo alguna alternativa en la creación del mundo». Esta línea de razonamiento puede extenderse de manera más bien mística para formular el «principio antrópico», que advierte que las leyes de la naturaleza, en *nuestro* universo al menos, tenían que disponerse de una manera precisa y determinada para permitir la creación de seres capaces de preguntarse sobre las leyes de la naturaleza. ¿Es que alguien decidió hacerlo de esta manera?

La disputa entre el deísmo de la Ilustración, y la teología puede resumirse como sigue. El teísmo tradicional de la cristiandad está arraigado a la vez en la razón y en la revelación, las dos fuentes concebibles del conocimiento. Según esta idea, la razón y la revelación no pueden entrar en conflicto, porque en las áreas de oposición se concede a la revelación el papel superior (como la Inquisición le recordó a Galileo en Roma cuando le dieron a elegir entre la ortodoxia y el dolor). En cambio, el deísmo concede ventaja a la razón, e insiste en que los teístas justifican la revelación con el uso de la razón.

Los teólogos tradicionales del siglo XVIII, enfrentados con el desafío de la Ilustración, rehusaron ceder ni un centímetro de terreno. La fe cristiana, argumentaban por su parte, no puede someterse a la prueba degradante de la racionalidad. Existen verdades últimas que están más allá de la capacidad de entendimiento de la mente humana sin ayuda, y Dios las revelará a nuestra comprensión cuando Él quiera y por los medios que Él elija.

Dada la posición central de la religión en la vida cotidiana, la posición de los teístas contra la razón parecía… bueno, parecía razonable. En el siglo XVIII los creyentes no veían dificultad alguna en guiar su vida a la vez por el raciocinio y la revelación. Los teólogos ganaron la disputa simplemente porque no había una razón apremiante para adoptar una nueva metafísica. Por primera vez, la Ilustración se tambaleaba visiblemente.

El error fatal del deísmo no es pues racional en absoluto, sino emocional. La razón pura es poco atractiva porque es insensible. Las ceremonias desprovistas del misterio sagrado pierden su fuerza emocional, porque los celebrantes necesitan delegar a un poder superior con el fin de consumar su instinto de lealtad tribal. Especialmente en tiempos de peligro y tragedia, la ceremonia irracional lo es todo. No existe sustituto a rendirse a un ser infalible y benevolente, el compromiso denominado salvación. Y no hay sustituto al reconocimiento formal de una fuerza vital inmortal, el salto de fe llamado trascendencia. De ahí se sigue que a la mayoría de personas les gustaría muchísimo que la ciencia probara la existencia de Dios, pero no que tomara la medida de su capacidad.

El deísmo y la ciencia no consiguieron tampoco colonizar la ética. La rutilante promesa de la Ilustración de una base objetiva para el raciocinio moral no pudo cumplirse. Si existe un campo inmutable y secular de premisas éticas, el intelecto humano durante la Ilustración parecía demasiado débil y variable para localizarlo. De modo que teólogos y filósofos se mantuvieron en sus posiciones originales, ya fuera delegando a la autoridad religiosa o articulando subjetivamente los derechos naturales percibidos. No se les abría ninguna alternativa lógica. Las normas milenarias sacralizadas por la religión parecían funcionar, más o menos, y en cualquier caso no había tiempo para explicarlo todo. Uno puede posponer indefinidamente la reflexión sobre las esferas celestiales, pero no sobre los asuntos cotidianos de la vida y la muerte.

Había, y sigue habiendo, otra objeción más puramente racionalista al programa de la Ilustración. Concedamos, por el puro placer de discutir, que las afirmaciones más extravagantes de los partidarios de la Ilustración resultaran ser ciertas, de manera que a los científicos les fuera posible mirar hacia el futuro y ver qué curso de acción es mejor para la humanidad. ¿No nos atraparía esto en una jaula de destino lógico y revelado? El impulso de la Ilustración, como el humanismo griego que la prefiguró, era prometeico: el conocimiento que generaba iba a liberar a la humanidad, elevándola sobre el mundo salvaje. Pero podría ocurrir lo contrario. Si la indagación científica disminuye el concepto de la divinidad al tiempo que prescribe leyes naturales inmutables, entonces la humanidad puede perder la libertad que ya tiene. Quizá solo existe un orden social «perfecto», y los científicos lo encontrarán (o, lo que es peor, afirmarán falsamente haberlo encontrado). La autoridad religiosa, el muro de Adriano de la civilización, se vendrá abajo y llegarán en masa los bárbaros

de la ideología totalitaria. Tal es el lado oscuro del pensamiento secular de la Ilustración, desvelado en la Revolución francesa y expresado más recientemente mediante teorías de socialismo «científico» y fascismo racista.

Y existe otra preocupación: que una sociedad guiada por la ciencia corre el riesgo de trastocar el orden natural del mundo que Dios o, si se prefiere, miles de millones de años de evolución, pusieron en su lugar apropiado. Si se da demasiada autoridad a la ciencia se corre el riesgo de convertirla en una impiedad autodestructiva. Las creaciones impías de la ciencia y la tecnología son en realidad imágenes poderosas e impresionantes de la cultura moderna. El monstruo de Frankenstein y el *Terminator* de Hollywood, este último un monstruo de Frankenstein todo metal y microchips, infligen destrucción a sus creadores, incluidos los ingenuos genios en batas de laboratorio que predicen de forma arrogante una nueva era regida por la ciencia. Las tempestades rugen, se extienden mutantes hostiles, la vida muere. Las naciones se amenazan unas a otras con tecnología capaz de destruir el mundo. Incluso Winston Churchill, cuyo país fue salvado por el radar, se mostraba preocupado después del bombardeo atómico de Japón porque la Edad de Piedra pudiera retornar «sobre las alas destellantes de la ciencia».

Para aquellos que durante tanto tiempo temieron a la ciencia por ser faustiana más que prometeica, el programa de la Ilustración planteaba una grave amenaza a la libertad espiritual, incluso a la propia vida. ¿Cuál es la respuesta a una tal amenaza? ¡Rebelión! Volver al hombre natural, reafirmar la primacía de la imaginación individual y la confianza en la inmortalidad. Encontrar una evasión a un reino superior a través del arte, promover una revolución romántica. En 1807, William Wordsworth, en palabras típicas del movimiento que entonces se extendía por Europa, evocó el aura de una existencia más primordial y serena más allá del alcance de la razón:

> Our Souls have sight of that immortal sea
> which brought us hither,
> can in a moment travel thither,
> and see the Children sport upon the shore,
> and hear the mighty waters rolling evermore[4].

Con los «respiros para los poderes incomunicables» de Wordsworth, los ojos se cierran, la mente se eleva, la ley de la gravitación del inverso de la distancia al cuadrado se pierde de vista. El espíritu penetra en otra realidad más allá del alcance del peso y la medida. Si el universo contrastante de la materia y la energía no puede negarse, al menos puede ignorarse con un espléndido desprecio. No hay duda de que Wordsworth y sus colegas, los poetas ingleses románticos de la primera mitad del siglo XIX, conjuraron palabras de gran belleza. Decían verdades en otra lengua, y

apartaron todavía más las artes de las ciencias.

El romanticismo floreció asimismo en la filosofía, en la que daba mayor importancia a la rebelión, la espontaneidad, la emoción intensa y la visión heroica. Buscando aspiraciones que solo estuvieran al alcance del corazón, sus practicantes soñaban con el hombre como parte de una naturaleza ilimitada. Rousseau, que a veces es considerado un *philosophe* de la Ilustración, fue realmente, en cambio, el fundador y el visionario más extremo del movimiento filosófico romántico. Para él, el saber y el orden social son los enemigos de la humanidad. En obras que van desde 1749 (*Discurso sobre las ciencias y las artes*) a 1762 (*Émile*), exaltó el «sueño de la razón». Su utopía es un estado minimalista en el que las personas abandonan los libros y otros pertrechos del intelecto con el fin de cultivar el goce de los sentidos y la buena salud. La humanidad, afirmaba Rousseau, fue originalmente una raza de nobles salvajes en un estado pacífico de la naturaleza, que más tarde fueron corrompidos por la civilización… y por el saber. La religión, el matrimonio, la ley y el gobierno son engaños creados por los poderosos para sus propios fines egoístas. El precio que paga el hombre común por esta trapacería de alto nivel es el vicio y la desdicha.

Allí donde Rousseau inventó una forma de antropología asombrosamente inexacta, los románticos alemanes, guiados por Goethe, Hegel, Herder y Schelling, se dispusieron a reinsertar la metafísica en la ciencia y la filosofía. El producto, la Naturpbilosopbie[5], era un híbrido de sentimiento, misticismo e hipótesis cuasicientíficas. Johann Wolfgang von Goethe, preeminente entre sus exponentes, quería antes que nada ser un gran científico. Situó dicha ambición por encima de la literatura, a la que, de hecho, su contribución fue inmortal. Su respeto por la ciencia como idea, como aproximación a la realidad tangible, era incondicional, y comprendía sus postulados básicos. El análisis y la síntesis, le gustaba decir, deben alternarse de manera tan natural como la inspiración y la expiración del aire. Al mismo tiempo, era crítico con las abstracciones matemáticas de la ciencia newtoniana, y pensaba que la física era demasiado ambiciosa en su objetivo de explicar el universo. A veces, era asimismo despreciativo con los «trucos técnicos» que empleaban los científicos experimentales. De hecho, intentó repetir los experimentos ópticos de Newton pero con resultados mediocres.

Se puede perdonar fácilmente a Goethe. Al fin y al cabo, tenía un noble propósito, nada menos que el emparejamiento del alma de las humanidades con el motor de la ciencia. Se habría afligido si hubiera previsto el veredicto de la historia: gran poeta, científico mediocre. Fracasó en su síntesis debido a la falta de lo que hoy en día se denomina instinto de científico. Por no mencionar las necesarias habilidades técnicas. El cálculo lo desconcertaba, y se dice que no podía distinguir una alondra de un gorrión. Pero amaba la naturaleza en un sentido profundamente espiritual. Se debe cultivar un sentimiento cercano y profundo por ella, proclamaba. «Le gusta la ilusión. Envuelve al hombre en brumas, y lo empuja hacia la luz. A los que no quieren compartir sus ilusiones los castiga como lo haría un tirano. A los que aceptan sus

ilusiones los aprieta contra su corazón. Amarla es la única manera de acercarse a ella». Imagino que en el empíreo de los filósofos, Bacon ha instruido hace ya tiempo a Goethe sobre los ídolos de la mente. Newton habría perdido la paciencia de inmediato.

Friedrich Schelling, principal filósofo de los románticos alemanes, intentó atar e inmovilizar al Prometeo científico no con la poesía, sino con la razón. Propuso una unidad cósmica de todas las cosas, más allá de la comprensión del hombre. Los hechos, por sí mismos, no pueden ser nunca más que verdades parciales. Los que percibimos son solo fragmentos del flujo universal. La naturaleza está viva, concluía Schelling; es un espíritu creativo que une al conocedor y al conocido, avanzando a través de una comprensión y sentimiento cada vez mayor hacia un estado eventual de autorrealización completa.

En Estados Unidos, el romanticismo filosófico alemán tuvo su reflejo en el trascendentalismo de Nueva Inglaterra, cuyos defensores más célebres fueron Ralph Waldo Emerson y Henry David Thoreau. Los trascendentalistas eran individualistas radicales que rechazaban el comercialismo abrumador que llegó a prevalecer en la sociedad americana durante la época jacksoniana. Imaginaban un universo espiritual construido completamente dentro de su *ethos* personal[6]. No obstante, encontraban la ciencia más conveniente que sus homólogos europeos; solo hay que comprobar las muchas y exactas observaciones de historia natural en *Fe en una semilla* y otros escritos de Thoreau. Entre sus filas se contaba asimismo un científico verdadero: Louis Agassiz, director del Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard, miembro fundador de la Academia Nacional de Ciencia, geólogo, zoólogo y conferenciante de talento supremo. Este gran hombre, en una excursión metafísica paralela a la de Schelling, concibió el universo como una visión en la mente de Dios. Las deidades de la ciencia en su universo eran esencialmente las mismas que las de la teología. En 1859, en el apogeo de su carrera, Agassiz se escandalizó por la aparición de *El origen de las especies*, de Darwin, que proponía la teoría de la evolución mediante selección natural y concebía la diversidad de la vida como algo que se autoensamblaba. A buen seguro, afirmaba ante audiencias extasiadas en ciudades a lo largo de la ribera atlántica, Dios no habría creado el mundo vivo mediante variación aleatoria y supervivencia de los más aptos. No debe permitirse que nuestra concepción de la vida descienda de la grandeza cósmica a los sucios detalles de las charcas y los bosques. El mero hecho de pensar de tal manera en la condición humana, decía, es intolerable.

Los científicos naturales, purificados por objeciones tan robustas al programa de la Ilustración, abandonaron en su mayor parte el examen de la vida mental humana, dejando a filósofos y poetas otro siglo de entretenimiento libre. En realidad, esta concesión resultó ser una decisión saludable para la profesión de la ciencia, porque alejó a los investigadores de las trampas de la metafísica. A lo largo del siglo XIX, el

conocimiento en las ciencias físicas y biológicas aumentó a un ritmo exponencial. Al mismo tiempo, las ciencias sociales (sociología, antropología, economía y teoría política), acabadas de surgir como ducados y condados advenedizos, competían por el terreno en el espacio creado entre las ciencias duras y las humanidades. Las grandes ramas del saber surgieron en su forma actual (ciencias naturales, ciencias sociales y humanidades) a partir de la visión unificada de la Ilustración generada durante los siglos XVII y XVIII.

La Ilustración, insolentemente secular en su orientación y al tiempo en deuda y atenta a la teología, había conducido la mente occidental al umbral de una nueva libertad. Lo echaba todo a un lado, cualquier forma de autoridad civil y religiosa, cualquier miedo imaginable, para dar prelación a la ética de la indagación libre. Concebía un universo en el que la humanidad desempeña el papel de aventurero perpetuo. Durante dos siglos, Dios parecía hablar a la humanidad con una nueva voz. Dicha voz había sido anunciada en 1486 por Giovanni Pico della Mirandola, precursor renacentista de los pensadores de la Ilustración, en esta bendición:

No te hemos hecho del cielo ni de la tierra, ni mortal ni inmortal, de manera que con libertad de elección y con honor, como hacedor y moldeador de ti mismo, puedas adaptarte a cualquier forma que prefieras.

Sin embargo, a principios del siglo XIX, la imagen espléndida palidecía. La razón se fracturaba, los intelectuales perdían la fe en el liderazgo de la ciencia y la perspectiva de la unidad del saber declinó mucho. Es cierto que el espíritu de la Ilustración pervivió en el idealismo político y en las esperanzas de algunos pensadores. En la décadas que siguieron, nuevas escuelas surgieron como retoños de la base de un árbol abatido: la ética utilitaria de Bentham y Mill, el materialismo histórico de Marx y Engels, el pragmatismo de Charles Peirce, William James y John Dewey. Pero el programa fundamental parecía irreparablemente abandonado. El gran concepto que había cautivado a los pensadores durante los dos siglos anteriores perdió la mayor parte de su credibilidad.

La ciencia seguía su propio camino. Continuaba duplicando cada quince años el número de practicantes, descubrimientos y revistas técnicas, como había hecho desde principios del siglo XVIII, y finalmente acabó por nivelarse solo hacia 1970. Su éxito, que iba creciendo continuamente, empezó a dar crédito de nuevo a la idea de un universo ordenado e inteligible. Esta premisa esencial de la Ilustración se hizo más fuerte en las disciplinas de matemáticas, física y biología, donde había sido concebida por vez primera por Bacon y Descartes. Pero el enorme éxito del reduccionismo, su método clave, operó de forma perversa contra cualquier recuperación del programa de la Ilustración como un todo. Precisamente porque la información científica aumentaba a un ritmo geométrico, a la mayoría de investigadores no les preocupaba la unificación, y aún menos la filosofía. Pensaban: lo que funciona, funciona, de manera que, ¿qué necesidad hay de reflexionar más profundamente sobre el asunto?

Fueron incluso más lentos a la hora de abordar la base física de la mente, un concepto cargado de tabúes que a finales del siglo XVIII había sido aclamado como la puerta que permitía pasar de la biología a las ciencias sociales.

Había otra razón, más humilde, para la falta de interés en el cuadro general: los científicos simplemente carecían de la energía intelectual necesaria. La enorme mayoría de científicos no han sido más que buscadores rutineros. Y ello es todavía más cierto en la actualidad. Están profesionalmente dirigidos; su educación no les orienta a los amplios contornos del mundo. Adquieren el adiestramiento que necesitan para viajar hasta la frontera y hacer descubrimientos por su cuenta, y tan rápido como sea posible, porque la vida más allá de esta es cara y arriesgada. Los científicos más productivos, instalados en laboratorios con presupuestos de millones de dólares, no tienen tiempo de pensar en el cuadro general y ven poco beneficio en ello. La escarapela de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, que los dos mil miembros electos llevan en su solapa como señal de reconocimiento por sus méritos, contiene un centro de oro científico rodeado por la púrpura de la filosofía natural. Los ojos de la mayoría de los grandes científicos, ¡qué lástima!, se fijan en el oro.

Por ello, no es sorprendente encontrar físicos que no saben lo que es un gen, y biólogos que suponen que la teoría de cuerdas tiene algo que ver con los violines. En ciencia, las subvenciones y los honores se dan por los descubrimientos, no por la erudición y la sabiduría. Y así ha sido siempre. Francis Bacon, utilizando las habilidades políticas que lo hicieron elevarse hasta la cancillería, importunó personalmente a los monarcas ingleses para obtener fondos con los que llevar adelante su gran plan de unificación del saber. Nunca obtuvo un penique. Con gran ceremonia, la corte real francesa concedió a Descartes, cuando se hallaba en el apogeo de su fama, un estipendio. Pero nunca se hizo depósito de fondos en su cuenta, lo que colaboró a hacer que viajara a la corte sueca, más generosa, en la «tierra de osos entre roca y hielo», donde pronto murió de neumonía.

La misma atomización profesional aflige a las ciencias sociales y a las humanidades. Las facultades de educación superior de todo el mundo son un cúmulo de expertos. Para ser un académico original hay que ser una autoridad mundial muy especializada en una Calcuta políglota de autoridades mundiales, que están igualmente centradas en cosas concretas. En 1797, cuando Jefferson accedió al sillón presidencial en la Sociedad Filosófica Americana, todos los científicos americanos de gran calibre profesional y sus colegas en las humanidades podían sentarse confortablemente en la sala de conferencias del Philosophic Hall. La mayoría de ellos podía disertar razonablemente bien sobre todo el mundo del saber, que era todavía lo suficientemente pequeño para poder ser visto en su conjunto. En la actualidad, sus sucesores, que incluyen, solo en el campo de las ciencias y la ingeniería, cuatrocientos cincuenta mil doctores, atestarían Filadelfia. En general, los científicos profesionales no tienen otra elección que repartirse entre ellos la pericia y los

programas de investigación. Ser un científico de éxito supone invertir una carrera en biofísica de membranas, los poetas románticos, historia antigua americana o alguna otra área limitada de estudio formal.

La fragmentación de la pericia tuvo su reflejo en el siglo XX en el modernismo en las artes, incluyendo la arquitectura. La obra de los maestros (Braque, Picasso, Stravinsky, Eliot, Joyce, Martha Graham, Gropius, Frank Lloyd Wright, y sus pares) era tan novedosa y divagante que impedía la clasificación genérica, quizá con esta excepción: los modernistas intentaron conseguir lo nuevo y provocativo a cualquier precio. Identificaron las ataduras limitantes de la tradición y las rompieron a conciencia. Muchos de ellos rechazaron el realismo en la expresión con el fin de explorar el inconsciente. Freud, que era tan estilista literario como científico, los inspiró y se le puede incluir justificadamente en sus filas. El psicoanálisis fue una fuerza que hizo cambiar la atención de los intelectuales y artistas modernistas desde lo social y político a lo privado y psicológico. Sometiendo a cada tema de su ámbito a la «despiadada centrífuga del cambio», según la frase de Carl Schorske, pretendían afirmar con orgullo la independencia del pasado de la alta cultura del siglo XX. No eran nihilistas; más bien intentaban crear un nuevo nivel de orden y significado. Eran experimentalistas completos que querían participar en un siglo de cambio tecnológico y político radical y modelar parte del mismo enteramente en sus propios términos.

Así, el vuelo libre que nos legó la Ilustración, que durante la época romántica se había desprendido de las humanidades, a mediados del siglo XX había eliminado prácticamente toda esperanza de unificación del saber con la ayuda de la ciencia. Las dos culturas que C. P. Snow había descrito en su conferencia Rede de 1959, la literaria y la científica, ya no se hablaban.

Todos los movimientos tienden a los extremos, que es aproximadamente donde nos encontramos hoy. El exuberante desarrollo y expresión de la personalidad propia, que iba desde el romanticismo al modernismo, ha dado origen en la actualidad al postmodernismo filosófico (llamado frecuentemente postestructuralismo, en especial en sus expresiones más políticas y sociológicas). El postmodernismo es la antítesis polar extrema de la Ilustración. La diferencia entre los dos extremos puede expresarse aproximadamente como sigue: los pensadores de la Ilustración creen que podemos saberlo todo, y los postmodernistas radicales creen que no podemos saber nada.

Los postmodernistas filosóficos, un grupo rebelde que se arremolina bajo la bandera negra de la anarquía, desafían los cimientos mismos de la ciencia y de la filosofía tradicional. La realidad, proponen, es un estado construido por la mente, no percibido por ella. En la versión más extravagante de este constructivismo, no existe una realidad «real», no hay verdades objetivas externas a la actividad mental, solo versiones prevalentes que los grupos sociales dominantes diseminan. Tampoco la ética puede estar firmemente asentada, puesto que cada sociedad crea sus propios códigos en beneficio de las mismas fuerzas opresoras.

Si estas premisas son correctas, de ahí se sigue que una cultura es tan buena como cualquier otra en la expresión de la verdad y la moralidad, cada una a su propia manera especial. El multiculturalismo político está justificado; cada grupo étnico y cada preferencia sexual en la comunidad tienen la misma validez. Y, más que la simple tolerancia, merece el apoyo de la comunidad y la representación otorgada por mandato en los programas culturales, no porque tenga una importancia general para la sociedad, sino porque existe. Esto es (de nuevo), si las premisas son correctas. Y tienen que serlo, dicen sus defensores, porque sugerir otra cosa es intolerancia, que es un pecado cardinal. Cardinal, esto es, si estamos de acuerdo en renunciar en este único caso a la prohibición postmodernista contra la verdad universal, y si todos estamos de acuerdo en ponernos de acuerdo por el bien común. Es decir, Rousseau redivivo.

El postmodernismo se expresa de manera todavía más explícita en la deconstrucción, una técnica de crítica literaria. El significado de cada autor es único para él, afirma la premisa subyacente; nada de su verdadera intención o de cualquier otra cosa conectada con la realidad objetiva se le puede asignar de manera segura. Por lo tanto, su texto está abierto al análisis nuevo y al comentario que surge del mundo igualmente solipsístico que hay en la cabeza del crítico. Pero entonces, el crítico está a su vez sujeto a deconstrucción, así como el crítico del crítico, y así en una retrogresión infinita. Esto es lo que Jacques Derrida, el creador de la deconstrucción, quería decir cuando enunció la fórmula «Il n’y a pas de hors-texte». (‘No hay nada fuera del texto’). Al menos, esto es lo que pienso que quería decir, después de leerlo a él, a sus defensores y a sus críticos con una cierta atención. Si la premisa postmodernista radical es correcta, nunca podremos estar seguros de qué es lo que quería decir. En cambio, si esto *es* lo que quería decir, no es seguro que estemos obligados a considerar más allá sus argumentos. Este rompecabezas, que me inclino a dejar a un lado como la «paradoja de Derrida», es similar a la paradoja cretense (un cretense dice: «Todos los cretenses son mentirosos»). Esta paradoja está pendiente de solución, aunque no es necesario sentir una gran urgencia en este asunto.

Ni tampoco es seguro, a partir de la prosa floridamente oscurantista de Derrida, que él mismo sepa qué quiere decir. Algunos observadores piensan que sus escritos pretenden ser un *jeu d’esprit*, una especie de broma. Su nueva «ciencia» de la gramatología es lo opuesto de la ciencia, al presentarse en fragmentos con la incoherencia de un sueño, a la vez banal y fantástico. Es inocente de la ciencia de la mente y del lenguaje desarrollada en otras partes del mundo civilizado, algo así como las proclamas de un curandero por la fe que no supiera cuál es la situación del páncreas. Finalmente, parece ser consciente de esta omisión, pero se contenta con la frase de Rousseau, enemigo confesado de libros y escritos, del que cita esta frase del *Émile*: «… los sueños de una mala noche se nos dan como filosofía. Diréis que también yo soy un soñador; lo admito, pero hago lo que otros no hacen, doy mis sueños como sueños, y dejo que el lector descubra si hay algo en ellos que pueda

resultar útil a los que están despiertos».

Los científicos, que están despiertos y son responsables de lo que dicen mientras lo están, no han encontrado que el postmodernismo sea útil. A cambio, la postura postmodernista hacia la ciencia es de subversión. Parece haber una aceptación provisional de la gravedad, la tabla periódica, la astrofísica y puntales similares del mundo externo, pero, en general, la cultura científica se considera solo como otra manera de conocer y, además, inventada principalmente por varones blancos europeos y norteamericanos.

Es tentador relegar el postmodernismo al gabinete de curiosidades de la historia, junto a la teosofía y al idealismo trascendental, pero a estas alturas ha penetrado en las tendencias principales de las ciencias sociales y las humanidades. Allí se le ve como una técnica de metateoría (teoría sobre teorías), mediante la cual los eruditos analizan no tanto la materia de la disciplina científica como las razones culturales y psicológicas por las que determinados científicos piensan de la manera que piensan. El analista pone énfasis en las «metáforas raíz», estas imágenes imperantes en la mente del pensador por las que diseña la teoría y los experimentos. Aquí está, por ejemplo, Kenneth Gergen explicando de qué manera la psicología moderna está dominada por la metáfora de los seres humanos en cuanto máquinas:

> Con independencia del carácter del comportamiento de la persona, el teórico mecanicista está prácticamente obligado a desgajarse del ambiente, a considerar el ambiente en términos de estímalos o elementos de entrada, a considerar a la persona como reactiva a estos elementos de entrada y dependiente de ellos, a considerar el dominio de lo mental como estructurado (constituido por elementos que interactúan), a desgajar el comportamiento en unidades que puedan coordinarse con los estímulos entrantes, y así sucesivamente.

En resumen, y para encarar honradamente el asunto, la psicología corre el riesgo de convertirse en una ciencia natural. Como un posible remedio para los que quisieran que siguiera siendo otra cosa, y hay muchos intelectuales que lo querrían, Gergen cita otras metáforas raíz de la vida mental que podrían considerarse, y que quizá son menos perniciosas, como el mercado, la dramaturgia y el seguir las normas. La psicología, si no se permite que se contamine con demasiada biología, puede acomodar en el futuro a un número infinito de teóricos.

A medida que la diversidad de metáforas se ha añadido a la diversidad étnica y al dualismo de género para crear nuevas estaciones de trabajo en la industria académica postmodernista, y luego se ha politizado, las escuelas e ideologías se han multiplicado de forma explosiva. Por lo general de orientación izquierdista, los modos más familiares del pensamiento postmodernista general incluyen el afrocentrismo, la antropología social constructivista, la ciencia «crítica» (es decir, socialista), la ecología profunda, el ecofeminismo, el psicoanálisis lacaniano[7], la sociología latouriana de la ciencia y el neomarxismo. A lo que cabe añadir todas las aturrullantes variedades de técnicas de deconstrucción y de holismo de la Nueva Era que se arremolinan a su alrededor[8].

Sus partidarios se impacientan en el campo de juego, a veces de manera brillante, aunque no por lo general, y son propensos a la jerga y escurridizos. Cada uno, a su manera, parece ir derivando hacia aquel *mysterium tremendum* que la Ilustración abandonó en el siglo XVII. Y no sin la expresión de considerable angustia personal. Del malogrado Michel Foucault, el gran intérprete del poder político en la historia de las ideas, que se cierne «en la cumbre de la vida intelectual occidental», George Scialabba ha escrito con gran perspicacia:

Foucault trataba de abordar los dilemas más profundos y más intratables de la identidad moderna… Para los que creen que no existe Dios, ni ley natural, ni razón trascendente, y que reconocen las maneras variadas y sutiles en las que el interés material (el poder) ha corrompido, incluso constituido, todas las moralidades previas, ¿cómo se puede vivir, a qué valores puede uno asirse?

¿Cómo y a qué, efectivamente? Para resolver estos problemas preocupantes, empecemos simplemente alejándonos de Foucault y de la desesperación existencialista. Considere el lector esta regla empírica: en la medida en que las posiciones filosóficas nos confunden y cierran las puertas a indagaciones posteriores, es probable que sean erróneas.

A Foucault le diría, si pudiera (y sin la pretensión de parecer condescendiente), no hay para tanto. Una vez superamos el golpe de descubrir que el universo no fue hecho pensando en nosotros, todo el significado que el cerebro puede conocer a fondo, todas las emociones que puede soportar y toda la aventura compartida que pudiéramos desear gozar, pueden encontrarse descifrando el sentido del orden hereditario que ha llevado a nuestra especie a través del tiempo geológico y la ha troquelado con los residuos de la historia profunda. La razón avanzará hasta nuevos niveles, y las emociones se representarán de maneras casi infinitas. Se separará lo verdadero de lo falso y nos comprenderemos muy bien, tanto más rápidamente porque somos de la misma especie y poseemos cerebros que son similares desde el punto de vista biológico.

Y a los otros que se preocupan por la disolución e irrelevancia crecientes de la intelectualidad, que es realmente alarmante, les señalo que siempre ha habido dos tipos de pensadores originales: aquellos que al ver el desorden intentan crear orden, y aquellos que al encontrar orden intentan protestar creando desorden. La tensión entre los dos es lo que hace que el conocimiento avance. Nos eleva a través de una trayectoria zigzagueante de progreso. Y en la contienda darwiniana de ideas, el orden siempre gana, porque (simplemente) esta es la manera en que funciona el mundo real.

No obstante, he aquí un saludo a los postmodernistas. En tanto que celebrantes del romanticismo coribántico de hoy en día, enriquecen la cultura. Nos dicen al resto de nosotros: quizá, solo quizá, estáis equivocados. Sus ideas son como chispas de explosiones de fuegos de artificio que se dispersan en todas direcciones, desprovistas de energía de comitiva, y que pronto dejarán de titilar en la oscuridad adimensional. Pero unas cuantas durarán lo suficiente como para derramar luz sobre temas

insospechados. Esta es una razón para pensar bien del postmodernismo, aunque amenace al pensamiento racional. Otra es el consuelo que proporciona a aquellos que han elegido no sobrecargarse con una educación científica. Otra es la pequeña industria que ha creado dentro de la filosofía y los estudios literarios. Otra, todavía, y la que más cuenta, es la crítica inflexible del saber tradicional que proporciona. Siempre necesitaremos postmodernistas o sus equivalentes rebeldes. Porque, ¿qué mejor manera de reforzar el conocimiento organizado que defenderlo continuamente de fuerzas hostiles? John Stuart Mill advirtió correctamente que tanto el profesor como el alumno se duermen en sus puestos cuando no hay enemigo en el campo. Y si, de alguna manera, contra toda evidencia, contra toda razón, el pestillo se descorre y todo queda reducido a confusión epistemológica, encontraremos la valentía para admitir que los postmodernistas tenían razón y, en el mejor espíritu de la Ilustración, empezaremos de nuevo. Porque, como dijo una vez el gran matemático David Hilbert, captando a la perfección esta parte del espíritu humano que se expresa a través de la Ilustración, «Wir müssen wissen. Wir werden wissen»: “Hemos de saber; sabremos’.

# CAPÍTULO 4

## Las ciencias naturales

Cualquiera que sea la valoración de los éxitos obtenidos, la fe que los pensadores de la Ilustración tenían en la ciencia estaba justificada. En la actualidad, la gran divisoria dentro de la humanidad no es entre las razas, o las religiones, ni siquiera, como se suele creer, entre los cultos y los analfabetos. Es el abismo que separa las culturas científicas de las precientíficas. Sin los instrumentos y el saber acumulado de las ciencias naturales (física, química y biología), los seres humanos están atrapados en una prisión cognitiva. Son como peces inteligentes que nacen en un estanque profundo y oscuro. Curiosos e inquietos, deseando salir, piensan en el mundo exterior. Inventan ingeniosas especulaciones y mitos sobre el origen de las aguas que los confinan, del sol y las estrellas que hay arriba, y del significado de su propia existencia. Pero se equivocan, siempre se equivocan, porque el mundo es demasiado ajeno a la experiencia ordinaria para ser siquiera imaginado.

La ciencia no es una filosofía ni un sistema de creencias. Es una combinación de operaciones mentales que se ha convertido cada vez más en el hábito de gentes educadas, una cultura de iluminaciones a la que se llegó por un giro afortunado de la historia, que produjo la manera más efectiva jamás concebida de conocer el mundo real.

Con la ciencia instrumental la humanidad ha escapado del confinamiento y ha extendido prodigiosamente su comprensión de la realidad física. En otro tiempo estábamos casi ciegos; ahora podemos ver… literalmente. La luz visible, hemos descubierto, no es la única energía que ilumina el universo, como el sentido común precientífico establecía. Es, en cambio, una astilla infinitesimal de radiación electromagnética, que comprende longitudes de onda de 400 a 700 nanómetros (milmillonésimas de metro), dentro de un espectro que va desde las ondas gamma, billones de veces más cortas, a las ondas de radio, billones de veces más largas. La radiación a lo largo de la mayor parte de esta gama, en cantidades que varían muchísimo, llueve continuamente sobre nuestro cuerpo. Pero sin instrumentos no éramos conscientes de su existencia. Debido a que la retina humana está preparada para informar únicamente de la gama entre 400 y 700 nanómetros, el cerebro por sí solo concluye que solo existe la luz visible.

Muchas especies de animales lo saben mejor. Viven en un mundo visual distinto, sin conocer parte del espectro visible a los seres humanos, sensibles a algunas longitudes de onda fuera del mismo. Por debajo de 400 nanómetros, las mariposas encuentran flores y descubren fuentes de polen y néctar por el modelo de rayos

ultravioleta reflejados por los pétalos. Allí donde nosotros vemos una flor de color amarillo o blanco uniforme, ellas ven manchas y círculos concéntricos claros y oscuros. Tales modelos han evolucionado en las plantas para guiar a los insectos polinizadores a las anteras y los depósitos de néctar.

Con la ayuda de instrumentos adecuados, ahora podemos ver el mundo con ojos de mariposa.

Los científicos han penetrado en el mundo visual de los animales y más allá, porque comprenden el espectro electromagnético. Pueden traducir cualquier longitud de onda en luz visible y sonido audible, y generar la mayor parte del espectro a partir de diversas fuentes energéticas. Manipulando segmentos selectos del espectro electromagnético escudriñan hacia abajo las trayectorias de las partículas subatómicas y, hacia arriba, el nacimiento de estrellas en galaxias distantes de la que la luz que nos llega se remonta casi al principio del universo. Ellos (más exactamente, nosotros, ya que el conocimiento científico se halla a la disposición de todos) pueden visualizar materia a través de treinta y siete órdenes de magnitud[9]. El mayor de los racimos de galaxias es mayor que la menor de las partículas conocidas por un factor del número uno seguido por unos treinta y siete ceros.

No pretendo faltar al respeto a nadie cuando digo que las personas precientíficas, con independencia de su genio innato, no podrían adivinar nunca la naturaleza de la realidad física más allá de la minúscula esfera que es abarcable mediante el sentido común no ayudado. Ninguna otra cosa funcionó nunca, ningún ejercicio a partir de los mitos, la revelación, el arte, el trance o cualquier otro medio concebible; y a pesar de la satisfacción emocional que produce, el misticismo, la sonda precientífica más fuerte hacia lo desconocido, ha dado un resultado de cero. No hay conjuro de chamán ni ayuno en lo alto de una montaña sagrada que pueda convocar al espectro electromagnético. Los profetas de las grandes religiones no sabían de su existencia, no porque su dios fuera reservado, sino porque carecían de los conocimientos de física que solo se consiguen con mucho esfuerzo.

¿Es esto un peán al dios de la ciencia? No; al ingenio humano, a la capacidad que existe en todos nosotros, liberados al fin en la era moderna. Y a la afortunada inteligibilidad del universo. El logro distintivo de la humanidad ha sido encontrar su camino sin ayuda a través de un mundo que resultó estar sorprendentemente bien ordenado.

Todos nuestros sentidos han sido ampliados por la ciencia. Antaño éramos sordos; ahora podemos oírlo todo. La gama auditiva del hombre va de los 20 a los 20 000 Hz, o ciclos de compresión de aire por segundo. Por encima de dicho rango, los murciélagos en vuelo emiten pulsos ultrasónicos en el aire nocturno y escuchan los ecos para localizar polillas y otros insectos en vuelo. Muchas de sus presas potenciales oyen mediante oídos sintonizados a las mismas frecuencias que los murciélagos. Cuando oyen los pulsos delatores, se dejan caer y giran en maniobras evasivas o bien vuelan vigorosamente hasta el suelo. Antes de la década de 1950, los

zoólogos no eran conscientes de estas batallas nocturnas. Ahora, con receptores, transformadores y fotografía nocturna pueden seguir cada chirrido y cada maniobra aérea.

Hemos desvelado, incluso, sentidos básicos que se hallan completamente alejados del repertorio humano. Allí donde los seres humanos detectan la electricidad solo indirectamente, mediante una comezón de la piel o un destello de luz, los peces eléctricos de África y Sudamérica, una mezcolanza de anguilas de agua dulce, siluros y mormiros de hocico de elefante, viven en un mundo galvánico. Generan campos cargados alrededor de su cuerpo mediante un tejido muscular del tronco que ha sido modificado por la evolución en baterías orgánicas. La potencia está controlada por un interruptor neural. Cada vez que el interruptor enciende el campo, cada pez nota la potencia resultante a través de electrorreceptores distribuidos por su cuerpo. Las perturbaciones producidas por objetos cercanos, que emiten sombras eléctricas sobre los receptores, les permiten juzgar tamaño, forma y movimiento. Continuamente informados de este modo, los peces se deslizan junto a los obstáculos en las oscuras aguas, huyen de sus enemigos y capturan presas. También se comunican entre sí mediante andanadas eléctricas codificadas. Los zoólogos, utilizando generadores y detectores, pueden unirse a la conversación. Son capaces de hablar como si lo hicieran a través de la piel de un pez.

A partir de estos y de otros innumerables ejemplos puede esbozarse una regla informal de evolución biológica importante para la comprensión de la condición humana: si puede imaginarse un sensor orgánico que capta algún tipo de señal del ambiente, en algún lugar existe una especie que lo posee. Los copiosos poderes de la vida expresados con una tal diversidad plantean una cuestión acerca de la incapacidad de los sentidos humanos sin ayuda: ¿por qué no puede nuestra especie, el supuesto *summum bonum* de la creación, hacer tanto como todos los animales juntos, y más aún? ¿Por qué vinimos al mundo físicamente impedidos?

La biología evolutiva ofrece una respuesta sencilla. La selección natural, definida como la supervivencia diferencial y la reproducción de formas genéticas diferentes, prepara los organismos solo para necesidades. La capacidad biológica evoluciona hasta que maximiza la eficacia de los organismos para los nichos que ocupan, y ni un ápice más. Cada especie, cada tipo de mariposa, murciélago, pez y primate, incluido el *Homo sapiens*, ocupa un nicho concreto. De ahí se sigue que cada especie vive en su propio mundo sensorial. Al modelar este mundo, la selección natural está guiada únicamente por las condiciones de la historia pasada y por acontecimientos que han ocurrido y ocurren en cada momento. Puesto que las polillas son demasiado pequeñas e indigeribles para resultar un alimento eficiente, desde el punto de vista energético, para los grandes primates, el *Homo sapiens* nunca desarrolló mediante evolución la ecolocación para capturarlas. Y puesto que no vivimos en aguas oscuras, un sentido eléctrico nunca fue una opción para nuestra especie.

En resumen, la selección natural no anticipa necesidades futuras. Pero este principio, aunque explica muy bien muchas cosas, presenta una dificultad. Si el principio es universalmente cierto, ¿cómo preparó la selección natural la mente para la civilización antes de que esta existiera? Este es el gran misterio de la evolución humana: cómo explicar el cálculo y Mozart.

Más adelante intentaré dar una respuesta al ampliar la explicación evolutiva para que abarque la cultura y la innovación tecnológica. Por el momento, permítaseme que molifique algo el problema tratando la naturaleza peculiar de las ciencias naturales como producto de la historia. Tres precondiciones, tres golpes de suerte en la liza evolutiva, condujeron a la revolución científica. La primera fue la curiosidad ilimitada y el impulso creador de las mejores mentes. La segunda fue el poder innato de abstraer las calidades esenciales del universo. Esta capacidad la poseían nuestros antepasados neolíticos, pero (de nuevo, el rompecabezas básico) aparentemente desarrollada más allá de sus necesidades de supervivencia. En solo tres siglos, de 1600 a 1900, un tiempo demasiado corto para que el cerebro humano mejorara por evolución genética, la humanidad acometió la era tecnocientífica.

La tercera precondición facilitadora es lo que el físico Eugene Wigner llamó una vez la efectividad irracional de las matemáticas en las ciencias naturales. Por razones que siguen escapándose a la vez a los científicos y a los filósofos, la correspondencia de la teoría matemática y de los datos experimentales, en particular en física, es extrañamente elevada. Es tan elevada que obliga a creer que las matemáticas son, en algún sentido profundo, el lenguaje natural de la ciencia. «La enorme utilidad de las matemáticas en las ciencias naturales —escribió Wigner— es algo que roza lo misterioso, y no hay explicación racional para ello. No es en absoluto natural que existan “leyes de la naturaleza”, y mucho menos que el hombre sea capaz de descubrirlas. El milagro de lo apropiado que resulta el lenguaje de las matemáticas para la formulación de las leyes de la física es un regalo maravilloso que no comprendemos ni nos merecemos».

Las leyes de la física son en realidad tan exactas que trascienden las diferencias culturales. Quedan reducidas a fórmulas matemáticas a las que no es posible añadir matices chinos, etíopes o mayas. Ni hay en ellas espacio para variaciones machistas o feministas. Podemos incluso suponer razonablemente que cualesquiera civilizaciones extraterrestres avanzadas, si poseen energía nuclear y pueden lanzar naves espaciales, habrán descubierto las mismas leyes, de manera que su física podría traducirse isomórficamente, punto por punto, de conjunto a punto, y de punto a conjunto, en una notación humana.

La mayor exactitud se ha obtenido en medidas del electrón. Un único electrón es pequeño casi hasta lo inimaginable. Abstraído en un paquete probabilístico de energía ondulatoria, es también casi imposible de visualizar (como suele ser el caso de los fenómenos en física cuántica) dentro del marco cognitivo convencional de objetos que se mueven en el espacio tridimensional. Pero sabemos con seguridad que tiene

una carga negativa de 0,16 trillonésimas (-1,6 x $10^{19}$) de coulomb y una masa en reposo de 0,91 mil cuadrillonésimas (9,1 x $10^{28}$) de gramo. A partir de estas y otras cantidades verificables se han deducido con precisión las propiedades de las corrientes eléctricas, el espectro electromagnético, el efecto fotoeléctrico y el enlace químico.

La teoría que une tales fenómenos básicos es un conjunto trabado de representaciones gráficas y ecuaciones denominada electrodinámica cuántica (QED[10]). La QED trata la posición y momento de cada electrón a la vez como una función ondulatoria y una partícula discreta en el espacio. Además, en QED se considera que el electrón emite y reabsorbe aleatoriamente fotones, las únicas partículas sin masa que portan la fuerza electromagnética.

En una propiedad del electrón, su momento magnético, la teoría y el experimento se han equiparado hasta el grado más extremo que jamás se haya conseguido en las ciencias físicas. El momento magnético es una medida de la interacción entre un electrón y un campo magnético. Más exactamente, es el máximo momento de torsión experimentado por el electrón dividido por la inducción magnética que actúa sobre el mismo. La cantidad de interés es la proporción giromagnética, el momento magnético dividido a su vez por el momento angular. Los físicos teóricos predijeron el valor de la proporción giromagnética mediante cálculos que incorporaban tanto la relatividad especial como las perturbaciones de emisiones y reabsorciones fotónicas, los dos fenómenos que la QED espera que causen pequeñas desviaciones de la proporción previamente predicha por la física atómica clásica.

Por su parte, y de manera independiente, los científicos atómicos midieron directamente la proporción giromagnética. En una proeza técnica, atraparon electrones aislados en el interior de una botella magnético-eléctrica y los estudiaron durante largos períodos de tiempo. Sus datos encajaron con la predicción teórica con una probabilidad de una parte en cien mil millones. En su conjunto, los físicos teóricos y experimentales consiguieron el equivalente a lanzar una aguja desde San Francisco en dirección al este y a proclamar por adelantado donde caería esta (cerca de Washington, D. C.) con una exactitud equivalente a la anchura de un cabello humano.

El descenso a lo pequeñísimo, la búsqueda de lo último en pequeñez en entidades tales como los electrones, es un impulso conductor de la ciencia natural occidental. Es una especie de instinto. Los seres humanos están obsesionados con las piezas fundamentales, y siempre las están separando y volviendo a unir. El impulso se remonta al 400 a. C., en la primera protociencia, cuando Leucipo y su discípulo Demócrito conjeturaban, correctamente como se comprobó después, que la materia está compuesta de átomos. La reducción a unidades microscópicas se ha consumado de manera espléndida en la ciencia moderna.

La búsqueda de la esencia se ha visto ayudada a través de la observación visual

directa por avances continuos en el poder de resolución de los microscopios. Esta empresa tecnológica satisface un segundo anhelo elemental: ver todo el mundo con nuestros propios ojos. Los más potentes de los instrumentos modernos, inventados durante la década de 1980, son el microscopio de barrido y de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica, que proporcionan una visión casi literal de los átomos enlazados en moléculas. Ahora puede verse una doble hélice de ADN tal como es exactamente, incluidos todos y cada uno de los giros y vueltas que se produjeron en una determinada molécula cuando el técnico la preparó para el estudio. Si tales técnicas visuales hubieran existido hace cincuenta años, la ciencia infantil de la biología molecular se habría acelerado aún más de lo que lo ha hecho. En ciencia, como en el whist y en el *bridge*, una mirada rápida y furtiva vale por cien *finesses*[11].

Las imágenes a nivel de los átomos son el producto final de tres siglos de innovación tecnológica en busca de la mirada final. La microscopía se inició con los primitivos instrumentos ópticos de Anton van Leeuwenhoek, que a finales del siglo XVII revelaron bacterias y otros objetos cien veces más pequeños que la resolución del ojo humano. Ha desarrollado métodos para mostrar objetos que son un millón de veces más pequeños.

La pasión por disecar y volver a ensamblar ha resultado en la invención de la nanotecnología, la fabricación de dispositivos compuestos por un número relativamente pequeño de moléculas. Entre los logros recientes más impresionantes se cuentan:

- Grabando agujas de acero inoxidable con haces iónicos, Bruce Lamartine y Roger Stutz, de Los Alamos National Laboratory, han creado ROM («memorias muertas») de gran densidad, cuyas líneas se han cortado tan finas, hasta las 150 milmillonésimas de metro, que permiten el almacenamiento de dos gigabytes de datos en una aguja de 25 milímetros de longitud y 1 milímetro de anchura. Puesto que los materiales no son magnéticos, la información así almacenada es casi indestructible. Pero queda aún mucho camino por recorrer. En teoría, al menos, pueden ordenarse átomos para que almacenen conocimientos.
- Una cuestión fundamental en química, desde el trabajo de Lavoisier en el siglo XVIII, ha sido la siguiente: ¿cuánto tiempo tardan un par de moléculas en encontrarse y combinarse cuando se mezclan diferentes reactivos? Confinando soluciones en espacios extremadamente pequeños, Mark Wightman y sus colegas investigadores de la Universidad de Carolina del Norte observaron destellos de luz que marcan el contacto de moléculas reactantes de cargas opuestas, lo que permitió a los químicos establecer el tiempo de las reacciones con una precisión sin precedentes.
- Máquinas del tamaño de moléculas, que se ensamblan a sí mismas bajo la dirección de los técnicos, han sido consideradas durante muchos años una

posibilidad teórica. Ahora estos conjuntos se realizan en la práctica. Una de las técnicas más prometedoras, diseñada por George M. Whitesi des de la Universidad de Harvard y otros químicos orgánicos, consiste en monocapas autoensambladas. Las SAM[12] (abreviado) consisten en moléculas en forma de salchicha tales como las largas cadenas de carbono denominadas alcanotioles. Después de su síntesis en el laboratorio, las sustancias son pintadas sobre una superficie de oro. Un extremo de cada molécula tiene propiedades que hacen que se adhiera al oro; el otro extremo, constituido por átomos de propiedades distintas, se dirige hacia fuera. Así alineadas, como soldados en un desfile, las moléculas del mismo tipo crean una capa única de solo uno a dos nanómetros de espesor. A continuación, se depositan moléculas con una construcción distinta para crear una segunda capa sobre la primera, y así sucesivamente, compuesto a compuesto, para producir una película estratificada del grosor y las propiedades químicas que se deseen. Las SAM comparten algunas de las propiedades básicas de las membranas de las células vivas. Su construcción sugiere un posible paso en el ensamblaje artificial de organismos artificiales sencillos. Aunque se hallan lejos de estar vivas, las SAM son simulacros de fragmentos elementales de vida. Si consiguen ensamblar de manera adecuada un número suficiente de tales componentes, los químicos pueden producir algún día una célula viva admisible.

El impulso intelectual de la ciencia moderna y su significado para el mundo consiliente puede resumirse como sigue. En el sentido último, nuestro cerebro y nuestro sistema sensorial evolucionaron como un aparato biológico para conservar y multiplicar los genes humanos. Pero solo nos permiten navegar a través del diminuto segmento del mundo físico cuyo dominio sirve para esta necesidad primaria. La ciencia instrumental ha eliminado este impedimento. Aún así, la ciencia en su totalidad es mucho más que únicamente la expansión fortuita de la capacidad sensorial por medio de instrumentos. Los otros elementos en su mezcla creativa son la clasificación de datos y su interpretación mediante teoría. En su conjunto componen el procesamiento racional de la experiencia sensorial aumentada por la instrumentación.

Nada en ciencia (y nada en La vida, si a eso vamos) tiene sentido sin teoría. Está en nuestra naturaleza poner todo el conocimiento en contexto con el fin de contar una historia, y recrear el mundo de esta manera. De modo que, por un momento, visitemos el tema de la teoría. Nos encanta la belleza del mundo natural. Nuestro ojo es cautivado por los deslumbrantes modelos visuales del rastro de la estrella polar, por ejemplo, y por la coreografía de los cromosomas en las células en división de los extremos radiculares de una planta. Ambos desvelan procesos que también son vitales para nuestra vida. Sin embargo, de manera no procesada, sin el marco teórico de la astronomía heliocéntrica y de la herencia mendeliana, no son más que hermosos

dibujos de luz.

*Teoría*: palabra que renquea por múltiples significados. Si se toma sola, sin *una* o *la*, resuena a erudición. Tomada en su contexto cotidiano, está saturada de ambigüedad corruptora. Con frecuencia oímos que tal o cual afirmación es solo una teoría. Todo el mundo puede tener una teoría; paga tu dinero y elige entre las teorías que compiten por tu atención. Los sacerdotes de vudú que sacrifican pollos para complacer a los espíritus de los muertos trabajan con una teoría. También lo hacen los devotos milenaristas que otean los cielos de Idaho en busca de señales del segundo advenimiento. Puesto que las teorías científicas contienen especulación, también ellas pueden parecer solo más conjeturas, y por lo tanto, construidas sobre la arena. Esta es, sospecho, la concepción postmodernista al uso: las teorías de todos y cada uno tienen validez y son interesantes. Sin embargo, las teorías científicas son fundamentalmente diferentes. Son construidas específicamente para ser echadas por tierra si resultan ser erróneas, y si es así, cuanto antes mejor. «Comete tus equivocaciones rápidamente» es una regla en la práctica de la ciencia. Concedo que los científicos suelen enamorarse de sus propias construcciones. Lo sé; me ha pasado. Pueden pasar toda una vida intentando en vano apuntalarlas. Unos cuantos dilapidan su prestigio y su capital político-académico en el esfuerzo. En tal caso (como una vez dijo irónicamente el economista Paul Samuelson), de funeral en funeral, la teoría avanza.

La electrodinámica cuántica y la evolución mediante selección natural son ejemplos de teorías grandes y con éxito, que explican fenómenos importantes. Las entidades que postulan, tales como fotones, electrones y genes, pueden medirse. Sus afirmaciones están destinadas a comprobarse en las lavazas ácidas del escepticismo, los experimentos y las afirmaciones de las teorías rivales. Sin esta vulnerabilidad, no se les concedería la categoría de teorías científicas. Las mejores teorías son descarnadas por la navaja de Occam, que William de Occam expresó por primera vez hacia 1320. Dijo: «Es vano hacer con más hipótesis lo que puede hacerse con menos». La parsimonia es un criterio de buena teoría. Con una teoría magra y comprobada ya no necesitamos que Febo en su carro guíe el sol a través del cielo, o que las dríadas pueblen los bosques boreales. La práctica concede menos libertad de acción para los sueños de la Nueva Era, debo admitirlo, pero pone el mundo en orden.

Aún así, las teorías científicas son un producto de la imaginación; de la imaginación *informada*. Van más allá de su comprensión para predecir la existencia de fenómenos previamente insospechados. Generan hipótesis, conjeturas disciplinadas sobre temas inexplorados cuyos parámetros ellas mismas ayudan a definir. Las mejores teorías generan las hipótesis más fructíferas, que se traducen limpiamente en preguntas que pueden contestarse mediante la observación y el experimento. Las teorías y su progenie de hipótesis compiten por los datos disponibles, que comprenden el recurso limitante en la ecología del conocimiento

científico. Los supervivientes en este ambiente tumultuoso son los vencedores darwinianos, bienvenidos al canon, que se instalan en nuestra mente, nos guían para seguir explorando la realidad física, obtener más sorpresas. Y, sí: más poesía.

La ciencia, para presentar su justificación de la manera más concisa posible, es la *empresa organizada, sistemática, que allega conocimiento sobre el mundo y lo condensa en leyes y principios comprobables*. Las características diagnósticas de la ciencia que la distinguen de la pseudociencia son, primera, la repetibilidad: se busca de nuevo el mismo fenómeno, de preferencia mediante investigación independiente, y la interpretación que se le da se confirma o se descarta mediante nuevos análisis y experimentación. Segunda, economía: los científicos intentan resumir la información en la forma que sea a la vez más sencilla y estéticamente más agradable (combinación que se llama elegancia), al tiempo que produce la mayor cantidad de información con la menor cantidad de esfuerzo. Tercera, medición: si algo puede medirse adecuadamente, utilizando escalas aceptadas de manera universal, las generalizaciones sobre ello dejan de ser ambiguas. Cuarta, heurística: la mejor ciencia estimula otros descubrimientos, a menudo en direcciones nuevas e impredecibles; y el nuevo conocimiento proporciona una prueba adicional de los principios originales que llevaron a su descubrimiento. Quinta y última, consiliencia: las explicaciones de fenómenos diferentes que es más probable que sobrevivan son las que pueden conectarse unas con otras y resultar mutuamente consistentes.

La astronomía, la biomedicina y la psicología fisiológica poseen todos estos criterios. La astrología, la ufología[13], la ciencia de la creación y la ciencia cristiana, lamentablemente, no poseen ninguna. Y no debe pasar desapercibido que las verdaderas ciencias naturales se traban entre sí en teoría y en indicios para formar la base técnica inerradicable de la civilización moderna. Las pseudociencias satisfacen necesidades psicológicas personales, por razones que explicaré más adelante, pero carecen de las ideas o de los medios para contribuir a dicha base técnica.

El filo cortante de la ciencia es el reduccionismo, el desmenuzamiento de la naturaleza en sus constituyentes naturales. La misma palabra, es cierto, tiene un sonido estéril e invasivo, como escalpelo o catéter. Los críticos de la ciencia retratan a veces el reduccionismo como un trastorno obsesivo, que deriva hacia una fase terminal que un escritor calificó recientemente de «megalomanía reductiva». Tal caracterización es una diagnosis falsa y justiciable. Los científicos en activo, cuyo trabajo es realizar descubrimientos verificables, ven el reduccionismo de una forma completamente distinta: es la estrategia de búsqueda empleada para encontrar puntos de entrada en sistemas complejos que de otro modo son impenetrables. Lo que interesa en último término a los científicos es la complejidad, no la simplicidad. El reduccionismo es la manera de entenderla. El amor de la complejidad sin el reduccionismo constituye el arte; el amor de la complejidad con el reduccionismo es la ciencia.

He aquí cómo funciona el reduccionismo la mayor parte del tiempo, tal como aparecería en un manual del usuario. Deje que su mente viaje alrededor del sistema. Plantee una pregunta interesante sobre este. Descomponga la pregunta y visualice los elementos y cuestiones que implica. Piense en respuestas alternativas concebibles. Formúlelas de manera que una cantidad razonable de indicios haga posible una alternativa definida. Si se encuentran demasiadas dificultades conceptuales, vuelva atrás. Busque otra pregunta. Cuando finalmente dé con un punto débil, busque el sistema de modelos (por ejemplo, una emisión controlada en física de partículas o un organismo que se reproduce rápidamente en genética) en el que puedan realizarse con más facilidad experimentos decisivos. Familiarícese completamente (no, mejor, obsesiónese) con el sistema. Ame los detalles, la sensación de todos ellos, por ellos mismos. Diseñe el experimento de manera que, sea cual sea el resultado, la respuesta a la pregunta sea convincente. Utilice el resultado para urgir nuevas cuestiones, nuevos sistemas. En función de lo mucho que otros hayan avanzado ya a lo largo de esta secuencia (y tenga siempre presente que debe concederles completo crédito), puede usted entrar en ella en cualquier punto a lo largo del camino.

Seguido más o menos a lo largo de estas líneas, el reduccionismo es la primera y esencial actividad de la ciencia. Pero disección y análisis no es todo lo que hacen los científicos. Son también cruciales la síntesis y la integración, moderadas por la reflexión filosófica sobre el significado y el valor. Incluso los investigadores más especializados, incluidos los que se dedican a la búsqueda de unidades elementales, piensan todavía todo el tiempo en la complejidad. Para hacer algún progreso han de meditar sobre las redes de causa y efecto a través de niveles de organización adyacentes (desde las partículas subatómicas a los átomos, por ejemplo, o desde los organismos a las especies), y han de pensar en los diseños y fuerzas ocultos de las redes de causación. Así, la física cuántica se combina con la física química, que explica el enlace químico y las reacciones químicas, que constituyen los fundamentos de la biología molecular, que elimina el misterio que envuelve a la biología celular.

Tras la mera descomposición de los agregados en fragmentos más pequeños reside un programa más profundo que toma también el nombre de reduccionismo: doblar las leyes y principios de cada nivel de organización en las de niveles más generales, y con ello más fundamentales. Su forma fuerte es la consiliencia total, que sostiene que la naturaleza está organizada por leyes sencillas y universales de la física, a las que pueden reducirse eventualmente todas las demás leyes y principios. Esta visión trascendental del mundo es luz y camino para muchos materialistas científicos (admito contarme entre ellos), pero podría ser errónea. Cuando menos, es con seguridad una hipersimplificación. En cada nivel de organización, en especial en la célula viva y por encima, existen fenómenos que requieren nuevas leyes y principios, que todavía no pueden predecirse a partir de los que hay a niveles más generales. Quizá algunos de ellos permanecerán para siempre fuera de nuestra comprensión. Quizá la predicción de los sistemas más complejos a partir de niveles

más generales es imposible. Tampoco sería tan malo. Lo confesaré con gusto: el reto y el crujido del hielo delgado es lo que confieren a la ciencia su emoción metafísica.

La ciencia, a pesar de sus imperfecciones, es la espada en la piedra que la humanidad extrajo finalmente. La cuestión que plantea, de materialismo universal y ordenado, es la más importante que puede formularse en filosofía y religión. Sus procedimientos no son fáciles de dominar, ni siquiera de conceptualizar; esta es la razón por la que tardó tanto en iniciarse, y cuando lo hizo fue principalmente en un lugar, que resultó ser Europa occidental. La tarea es asimismo dura y, durante largos intervalos, frustrante. Se tiene que ser un poco compulsivo para ser un científico productivo. Tener presente que las ideas nuevas son cosas triviales, y casi siempre están equivocadas. La mayoría de destellos de intuición no llevan a ninguna parte; estadísticamente, tienen una vida media de horas o quizá de días. La mayoría de experimentos para comprobar las intuiciones supervivientes son tediosos y consumen grandes cantidades de tiempo, solo para dar resultados negativos o (¡peor aún!) ambiguos. A lo largo de los años, he sido lo suficientemente presuntuoso para aconsejar a los nuevos doctores en biología como sigue: si eliges una carrera académica necesitarás cuarenta horas a la semana para efectuar las tareas docentes y administrativas, otras veinte horas, además de estas, para realizar una investigación respetable, y otras veinte horas adicionales para conseguir una investigación realmente importante. Esta fórmula no es retórica de campamento militar. Más de la mitad de los doctores en ciencias son fracasados, al abandonar la investigación original después de, como máximo, una o dos publicaciones. Percy Bridgman, el fundador de la física de altas presiones (no lo digo con segundas intenciones), expuso su principio de otra manera: «El método científico es hacer lo máximo que uno pueda, sin limitación alguna».

El descubrimiento original lo es todo. Como regla general, los científicos no descubren con el fin de saber, sino que, como observó el filósofo Alfred North Whitehead, saben con el fin de descubrir. Aprenden lo que necesitan para saber, y con frecuencia están poco informados acerca del resto del mundo, incluyendo la mayor parte de la ciencia si a eso vamos, con el fin de desplazarse rápidamente a alguna parte de la frontera de la ciencia en la que se realizan los descubrimientos. Allí se despliegan como merodeadores en un piquete, cada uno de ellos solo, o en pequeños grupos que sondean un sector estrecho y cuidadosamente escogido. Cuando dos científicos se conocen por primera vez, la conversación suele comenzar así: «Y usted, ¿en qué trabaja?». Ya saben qué es lo que los une de manera general. Son colegas prospectores que presionan cada vez más profundamente en un mundo abstracto, contentos la mayor parte del tiempo con recoger una pepita ocasional pero soñando en el filón principal. Van a trabajar cada día pensando de manera subconsciente: «Aquí está, estoy cerca, hoy podría ser el día».

Conocen la primera regla del libro de juegos profesional: haz un descubrimiento

importante y serás un científico de éxito en el sentido verdadero y elitista, en una profesión en la que el elitismo se practica sin pudor. Véanse los manuales. Nada puede arrebatarle eso a uno; uno puede dormirse en los laureles durante el resto de la vida. Pero, naturalmente, uno no hará eso; casi nadie que esté lo suficientemente motivado para hacer un descubrimiento importante descansa nunca. Y cualquier descubrimiento es emocionante. No hay sensación más agradable, no hay droga más adictiva, que poner el pie en suelo virgen.

No descubras nada y serás poco o nada en la cultura de la ciencia, no importa lo mucho que aprendas y escribas sobre ciencia. Los versados en humanidades también hacen descubrimientos, desde luego, pero su erudición más original y valiosa suele ser la interpretación y explicación de conocimientos ya existentes. Cuando un científico empieza a ordenar el saber con el fin de cerner y separar el significado, y especialmente cuando lleva tal conocimiento fuera del círculo de descubridores, es clasificado como un erudito en las humanidades. Sin descubrimientos científicos propios, puede ser un verdadero arcángel entre los intelectuales, con sus amplias alas extendidas sobre la ciencia, y aún así no encontrarse en el círculo. La prueba verdadera y última de una carrera científica es lo bien que pueda completarse la siguiente frase enunciativa: «Él (o ella) descubrió que…». Así, en las ciencias naturales existe una distinción fundamental entre proceso y producto. La diferencia explica por qué tantos científicos consumados son personas intolerantes y necias, y por qué tantos eruditos sensatos del campo son considerados científicos deficientes.

Y, curiosamente, existe muy poca *cultura* de la ciencia, al menos en el estricto sentido tribal. Se realizan pocos ritos que puedan citarse. Cuanto más, hay solo un puñado de iconos. Sin embargo, se oye una gran cantidad de altercados por el territorio y la categoría. La organización social de la ciencia se parece mucho a una confederación laxa de estados feudales mezquinos. En cuanto a creencias religiosas, los científicos van desde cristianos renacidos, que hay que admitir que son pocos, hasta ateos absolutos, muy comunes. Pocos son filósofos. La mayoría son intelectuales rutineros, que exploran localmente, esperando un descubrimiento, que viven para el presente. Están contentos de trabajar en investigación, a menudo enseñan ciencia en los institutos, felices de ser miembros relativamente bien pagados de una de las profesiones más pendencieras pero, en conjunto, menos conspiradoras.

En cuanto al carácter, son tan variables como la población general. Tómese cualquier muestra aleatoria de mil personas y en ella se encontrará prácticamente toda la gama humana en cualquier eje de medida: desde generosa a depredadora, desde bien equilibrada a psicópata, desde indiferente a motivada, desde seria a frívola, desde gregaria a anacoreta. Algunos son tan insensibles como los asesores fiscales de Hacienda en abril, mientras que a unos cuantos se les podría extender el certificado clínico de maníaco-depresivos (o bipolares, por utilizar este término nuevo y ambiguo).

En cuanto a motivación, van desde sobornables a nobles. Einstein clasificó muy

bien a los científicos durante la celebración del sexagésimo aniversario de Max Planck, en 1918. En el templo de la ciencia, dijo, hay tres tipos de personas. Muchas se dedican a la ciencia en razón del sentido alegre de su poder intelectual superior; para ellos, la investigación es una especie de deporte que satisface la ambición personal. Una segunda clase de investigadores se dedica a la ciencia para conseguir fines exclusivamente utilitarios. Pero, en lo que respecta a la tercera: si «el ángel del Señor viniera y sacara del templo a todas las personas que pertenecen a estas dos categorías, quedarían unas pocas personas, entre ellas Planck, y esta es la razón por la que lo queremos».

La investigación científica es una forma de arte en este sentido: no importa de qué manera uno haga un descubrimiento, solo importa que su afirmación sea cierta y sea validada de forma convincente. El científico ideal piensa como un poeta y trabaja como un contable, y supongo que si está dotado de una aljaba completa, también escribe como un periodista. Del mismo modo que un pintor se coloca frente a un lienzo en blanco o un novelista recicla emociones pasadas con los ojos cerrados, el científico busca en su imaginación tanto temas como conclusiones, a la vez preguntas y respuestas. Incluso si el mayor de sus logros es solo percibir la necesidad de un nuevo instrumento o teoría, esto puede ser suficiente para abrir la puerta a una nueva industria de investigación.

Este nivel de creatividad en la ciencia, como en el arte, depende tanto de la autoimagen como del talento. Para tener mucho éxito, el científico ha de poseer la confianza suficiente para ir en busca de aguas azules, perdiendo por un momento la tierra de vista. Valora el riesgo por su propio bien. Es consciente de que los pies de página de tratados olvidados están salpicados con los nombres de los dotados pero tímidos. Si, en cambio, elige, como la inmensa mayoría de sus colegas, ir bordeando la costa, tiene que ser suficientemente afortunado para poseer lo que me gusta definir como inteligencia óptima para la ciencia normal: lo bastante brillante para ver qué es lo que hay que hacer pero no tan brillante como para aburrirse haciéndolo.

El estilo de investigación del científico es el producto de la disciplina que elige, posteriormente reducida por la aptitud y el gusto. Si en el fondo es un naturalista, deambula al azar, a veces a través de bosques reales atestados de árboles o, lo que es más común en la actualidad, células repletas de moléculas, en busca de objetos y acontecimientos todavía no imaginados. Su instinto es el del cazador. Si, en cambio, el científico es un teórico matemático, crea una imagen mental de un proceso conocido pero todavía poco comprendido, lo descarna en lo que la intuición sugiere que son sus elementos esenciales, y le da nueva forma mediante esquemas y ecuaciones. Busca justificación, diciendo a los experimentalistas: si esta es la manera como funciona el proceso, incluso si no podemos verlo directamente, entonces aquí están los parámetros para una indagación indirecta, y el lenguaje con el que podemos llegar a explicar los resultados.

En concordancia, las diferencias en los criterios de validación en las diferentes

disciplinas son enormes. Los biólogos sistemáticos solo necesitan dar con una nueva especie insólita, y reconocer su novedad, para realizar un descubrimiento importante. En 1995 dos zoólogos daneses erigieron un tipo completamente nuevo de animales, el trigésimo quinto conocido, a partir de una especie de minúsculos animales parecidos a rotíferos que viven en las partes bucales de las langostas. En un campo, y un estilo, completamente distintos, los bioquímicos siguen regularmente la pista de la síntesis natural de hormonas y otras moléculas biológicamente importantes, duplicando los pasos con reacciones mediadas por enzimas en el laboratorio. Los físicos experimentales, todavía más alejados que los químicos de la percepción directa, y por ello los más esotéricos de la multitud científica, deducen (para tomar un ejemplo adecuadamente esotérico) la distribución espacial de los quarks a partir de las colisiones muy energéticas de electrones con protones de núcleos atómicos.

Consejo al científico principiante: no existe una manera fija de hacer y establecer un descubrimiento científico. Láncele todo lo que pueda al tema, mientras los procedimientos puedan ser duplicados por otros. Considere las observaciones repetidas de un acontecimiento físico bajo distintas circunstancias, experimentos de modos y estilos diferentes, correlación de supuestas causas y efectos, análisis estadísticos para rechazar hipótesis nulas (las que se habrán planteado deliberadamente para amenazar la conclusión), argumento lógico, y atención al detalle y consistencia con los resultados publicados por otros. Todas estas acciones, por separado y en combinación, forman parte del armamento comprobado y real de la ciencia. A medida que el trabajo se vaya ensamblando, piense también en la audiencia a la que se informará del mismo. Planee publicarlo en una revista de prestigio y con revisión por pares. Uno de los reparos del *ethos* científico es que un descubrimiento no existe hasta que ha sido revisado sin contratiempos y se ha publicado.

La evidencia científica es acreciente, construida a partir de bloques de indicios hábilmente articulados por los planos y el cemento de la teoría. Solo muy raramente, como en las teorías de la selección natural y de la relatividad, hay una idea que cambia nuestra concepción del mundo en un salto cuántico. Incluso la revolución de la biología molecular fue acreciente, al basarse en la física y la química sin alterarlas de manera fundamental.

Pocas afirmaciones en ciencia, y en particular las que están vinculadas a conceptos, son aceptadas como definitivas. Pero a medida que los indicios se acumulan sobre más indicios y las teorías se traban más firmemente, algunos cuerpos de conocimiento obtienen efectivamente la aceptación universal. En el dialecto del seminario, ascienden desde «interesante» a «sugerente», a «persuasivo» y, finalmente, a «obligado». Y, si después se les da el tiempo suficiente, a «obvio».

No existe una vara de medir objetiva con la que marcar estos grados de aceptación; no existe un cuerpo de verdad objetiva externa con el que se los pueda calibrar. Solo existe una afirmatibilidad garantizada, para usar la frase de William

James, dentro de la que determinadas descripciones de la realidad se hacen cada vez más compatibles con los científicos hasta que cesan las objeciones. Una prueba, como señaló una vez el matemático Mark Kac, es lo que convence a un hombre razonable; una prueba rigurosa es lo que convence a un hombre irrazonable.

En ocasiones es posible encapsular un método científico como si fuera una receta. La más satisfactoria es la que se basa en hipótesis múltiples en competencia, también denominada de inferencia fuerte. Solo funciona en procesos relativamente simples bajo circunstancias restringidas y, en particular, en física y química, donde es poco probable que el contexto y la historia afecten a los resultados. Se sabe que el fenómeno que se está inspeccionando tiene lugar pero no se puede ver directamente, con el resultado de que solo puede suponerse su naturaleza exacta. Los investigadores piensan en todas las posibles maneras en las que el proceso puede tener lugar (las hipótesis múltiples en competencia), y diseñan pruebas que las eliminarán a todas menos una.

En un célebre ejemplo de 1958, Matthew Meselson y Franklin Stahl, por aquel entonces en el Instituto de Tecnología de California, utilizaron el método para demostrar los pasos que siguen las moléculas de ADN para multiplicarse. Primero daré su conclusión: la doble hélice se escinde longitudinalmente para crear dos hélices simples; después, cada hélice simple ensambla una nueva pareja para crear otra doble hélice. Las hipótesis alternativas, que la doble hélice se duplica en su totalidad o que las hélices simples se rompen y se dispersan debido al proceso de duplicación, deben desecharse.

Y ahora la prueba, que a pesar de su contenido técnico es sencilla y elegante. Después de haber formulado lo que en retrospectiva resulta haber sido la pregunta correcta, Meselson y Stahl diseñaron el experimento adecuado para elegir entre las alternativas en competencia. En primer lugar dejaron que bacterias que habían fabricado moléculas de ADN en un medio con nitrógeno pesado continuaran su producción en un medio con nitrógeno normal. Después los investigadores extrajeron las moléculas y las centrifugaron en una solución de cloruro de cesio que formaba un gradiente de densidad. Las moléculas de ADN fabricadas por las bacterias con nitrógeno pesado se hundieron a mayor profundidad en el gradiente de densidad de cloruro de cesio que las moléculas de ADN, que en lo demás eran iguales, producidas por las mismas bacterias con nitrógeno normal. Cuando se alcanzó el equilibrio, el ADN se había separado en bandas bien definidas en una pauta que encajaba exactamente con la hipótesis de la separación de hélices simples y la regeneración de hélices dobles. La pauta eliminaba las dos hipótesis en competencia de duplicación de moléculas enteras y de fragmentación seguida de dispersión de los fragmentos.

La ciencia, incluso en el mundo relativamente metódico de la genética molecular, es un batiburrillo de tales argumentos y pruebas. Pero quizá en estos métodos hay elementos comunes. ¿Podemos diseñar una prueba de tornasol universal para las afirmaciones científicas y, con ella, alcanzar eventualmente el santo grial de la verdad

objetiva? La opinión generalizada es que no podemos, ni podremos nunca. Los científicos y los filósofos han abandonado en gran parte la búsqueda de objetividad absoluta y se contentan con trabajar con diligencia en otras cosas.

Pienso de manera diferente, y me arriesgaré a la herejía: la respuesta bien pudiera ser «Sí». Mediante la investigación empírica podrían alcanzarse criterios de verdad objetiva. La clave reside en clarificar las operaciones, todavía poco conocidas, que componen la mente y en mejorar el enfoque fragmentario que la ciencia ha tomado hacia sus propiedades materiales.

He aquí el argumento. Fuera de las cabezas está la realidad autoestable. Solo los locos y un puñado de filósofos constructivistas dudan de su existencia. En el interior de nuestra cabeza hay una reconstitución de la realidad basada en las entradas sensoriales y en el autoensamblaje de conceptos. La entrada y el autoensamblaje, y no una entidad independiente en el cerebro (el «fantasma de la máquina», en la famosa frase de menosprecio del filósofo Gilbert Ryle), constituyen la mente. El alineamiento de la existencia externa con su representación interna ha sido distorsionado por las idiosincrasias de la evolución humana, como señalé anteriormente. Es decir, la selección natural construyó la mente para sobrevivir en el mundo y solo incidentalmente para comprenderlo con una profundidad mayor de la que es necesaria para sobrevivir. *La tarea característica de los científicos es diagnosticar y corregir este desalineamiento*. El esfuerzo para hacerlo, apenas acaba de empezar. Nadie debe suponer que es imposible alcanzar la verdad objetiva, aunque los filósofos más comprometidos nos apremien a reconocer tal incapacidad. En particular, es demasiado pronto para que los científicos, los soldados de infantería de la epistemología, cedan un terreno tan vital para su misión.

Aunque aparentemente quimérica en ocasiones, no hay visión intelectual más importante e intimidatoria que la de la verdad objetiva basada en la comprensión científica. O más venerable. Razonada extensamente en la filosofía griega, tomó su forma moderna en la esperanza de la Ilustración, en el siglo XVIII, de que la ciencia encontraría las leyes que rigen toda existencia física. Así facultados, creían los sabios, podríamos desembarazarnos de los residuos de milenios, incluidos todos los mitos y falsas cosmologías que estorban la imagen que la humanidad tiene de sí misma. El sueño de la Ilustración se desvaneció ante la fascinación del romanticismo; pero, lo que es más importante, la ciencia no pudo cumplir su promesa en el ámbito más crucial, la base física de la mente. Estos dos fracasos actuaron juntos en una combinación devastadora: las personas son románticas innatas, necesitan desesperadamente del mito y del dogma, y los científicos no podían explicar por qué la gente tiene esta necesidad.

Al terminarse el siglo XIX, el sueño de la verdad objetiva se vio reavivado por dos filosofías. La primera, de origen europeo, fue el positivismo, la convicción de que el único conocimiento seguro es la descripción exacta de lo que percibimos mediante nuestros sentidos. La segunda, de origen americano, fue el pragmatismo, la creencia

de que la verdad es lo que opera de forma consistente en la acción humana. Desde el principio, ambas posiciones fueron simbióticas con la ciencia. Obtuvieron su mayor fuerza de los espectaculares avances en las ciencias físicas, que por aquel entonces estaban produciéndose, que los vindicaban por las variadas acciones (motores electromagnéticos, rayos X, química reactiva) que el conocimiento exacto y práctico hizo posible.

El sueño de la verdad objetiva llegó al máximo, poco después, con la formulación del positivismo lógico, una variación del positivismo general que intentaba definir la esencia de las afirmaciones científicas mediante la lógica y el análisis del lenguaje. Aunque muchos pensadores contribuyeron al movimiento, su fuerza motriz fue el Círculo de Viena, un grupo de intelectuales mayoritariamente austríacos, fundado por el filósofo Moritz Schlick en 1924. Las reuniones regulares del Círculo continuaron hasta la muerte de Schlick en 1936 y la subsiguiente dispersión de sus miembros y seguidores, algunos de los cuales emigraron a América como exiliados del régimen nazi.

Del 3 al 9 de septiembre de 1939, muchos de los estudiosos que simpatizaban con el positivismo lógico se reunieron en la Universidad de Harvard para asistir al Quinto Congreso Internacional para la Unidad de la Ciencia. Fue un conjunto rutilante de nombres ahora venerados en la historia de las ideas: Rudolf Carnap, Phillip Frank, Susanne Langer, Richard von Mises, Ernest Nagel, Otto Neurath, Talcott Parsons, Willard van Quine y George Sarton. Los conferenciantes debieron de sentirse profundamente trastornados por la invasión de Polonia, que empezó dos días antes del inicio de la reunión. Allí donde las campañas napoleónicas debilitaron la plausibilidad de la Ilustración original, ahora una salvaje guerra de conquista territorial, alentada por una teoría pseudocientífica de superioridad racial, amenazaba con hacer un escarnio todavía mayor del poder de la razón. Sin embargo, los estudiosos persistieron en la exploración de la idea de que el saber adquirido de forma racional es la mejor esperanza de la humanidad.

¿De qué modo, se preguntaron, se puede destilar el *ethos* científico? A lo largo de los años, el movimiento creado por el Círculo de Viena había trabajado a dos niveles. El primero fue la reafirmación del ideal básico de la Ilustración de que se sirve mejor a la causa de la especie humana con un realismo sin fisuras. Al no tener «protectores ni enemigos», en la expresión de Carnap, la humanidad debe encontrar su camino a la existencia trascendente únicamente mediante su propia inteligencia y voluntad. La ciencia es, simplemente, el mejor instrumento de que disponemos. Tal como había declarado el Círculo de Viena una década antes, «la concepción científica del mundo sirve a la vida, y a la vez es recogida por la vida».

El segundo nivel, necesario para el primero, fue la búsqueda de patrones puros contra los que pudiera juzgarse el conocimiento científico. Todo símbolo, concluían los positivistas, ha de denotar algo real. Ha de ser consistente con la estructura total de los hechos y las teorías establecidos, sin que se permitan las revelaciones o la

generalización del vuelo libre. La teoría debe seguir a los hechos en filas cerradas. Finalmente, hay que distinguir meticulosamente el contenido informacional del lenguaje de su contenido emocional. Para estos diversos fines es de la mayor importancia la verificación; en realidad, el verdadero significado de una afirmación es su método de verificación. Si se refinan progresivamente y se siguen las pautas, a su tiempo daremos con la verdad objetiva. Mientras tal cosa ocurre, la metafísica basada en la ignorancia retrocederá paso a paso, como un vampiro ante la cruz alzada.

Los positivistas lógicos que se encontraron en Cambridge sabían que las matemáticas puras se hallaban en camino hacia el santo grial, pero que en sí mismas no eran el premio. Las matemáticas, a pesar del poder indisputable que poseen para enmarcar la teoría, son tautológicas. Es decir, cada conclusión se sigue completamente de sus propias premisas, que pueden o no tener algo que ver con el mundo real. Los matemáticos inventan y prueban lemas y teoremas que llevan a otros lemas y teoremas, y hacia delante sin un final a la vista. Algunos encajan con datos procedentes del mundo real, otros no. Los mayores matemáticos son atletas intelectuales de una habilidad prodigiosa. A veces dan con conceptos que abren nuevos ámbitos de pensamiento abstracto. Los números complejos, las transformaciones lineales y las funciones armónicas figuran entre las que han resultado ser más interesantes desde el punto de vista matemático, así como útiles a la ciencia.

Las matemáticas puras son la ciencia de todos los mundos concebibles, un sistema lógicamente cerrado pero infinito en todas las direcciones que permiten las premisas de partida. Con él podríamos, si se nos diera un tiempo y una capacidad de computación ilimitados, describir cualquier universo imaginable. Pero las matemáticas por sí solas no pueden informarnos del mundo tan especial en el que vivimos. Solo la observación puede revelar la tabla periódica, la constante de Hubble y todas las demás certidumbres de nuestra existencia, que pueden ser distintas o inexistentes en otros universos. Puesto que la física, la química y la biología están limitadas por los parámetros de este universo, el que vemos desde el interior de la Vía Láctea, ellas componen la ciencia de todos los fenómenos posibles que nos son tangibles.

Aún así, debido a su efectividad en las ciencias naturales, las matemáticas parecen señalar como una flecha hacia el fin último de la verdad objetiva. Los positivistas lógicos estaban especialmente impresionados por el encaje estrecho de la observación con la teoría matemática abstracta en física cuántica y relativista. Este triunfo, el mayor de entre los del siglo XX, inspiró nueva confianza en el poder innato de la mente humana. Piénsese en ello. Aquí está el *Homo sapiens,* una especie de primate apenas salida de sus aldeas de la Edad de Piedra, que adivina correctamente fenómenos que se encuentran, de forma casi inimaginable, más allá de la experiencia ordinaria. A buen seguro, razonaban los teóricos, nos hallamos cerca de una fórmula

general para la verdad objetiva.

Pero el grial los eludía. El positivismo lógico dio un traspié y se detuvo. En la actualidad sus análisis, que siguen siendo apreciados por algunos, se estudian de manera más común en filosofía, como los fósiles de dinosaurios son estudiados en los laboratorios de paleontología, para comprender las causas de la extinción. Su última opinión puede haber sido una monografía de 1956 de Carnap, raramente leída, en los *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. El fallo fatal estaba en la pieza semántica clave de todo el sistema: los fundadores y sus seguidores no pudieron ponerse de acuerdo sobre las distinciones básicas entre hecho y concepto, entre generalización empírica y verdad matemática, entre teoría y especulación, y a partir de un cotejo de todas estas dicotomías envueltas en la bruma, las diferencias entre afirmaciones científicas y no científicas.

El positivismo lógico fue el más valiente de los esfuerzos concertados que hayan montado los filósofos modernos. Su fracaso, o dicho de manera más generosa, su defecto, fue causado por la ignorancia del funcionamiento del cerebro. En mi opinión, esta es la versión correcta. Nadie, ni filósofo ni científico, podía explicar los actos físicos de la observación y el razonamiento en términos que no fueran muy subjetivos. No han mejorado mucho las cosas en los últimos cincuenta años. Ahora el paisaje de la mente se encuentra sometido a una exploración activa, pero sigue estando sin cartografiar en gran medida. El discurso científico, el foco del positivismo lógico, comprende las más complejas de las operaciones mentales, y el cerebro es, todo lo más, un lugar desordenado incluso cuando maneja las ideas más elementales. Los propios científicos no piensan en línea recta. Idean conceptos, indicios, relevancia, conexiones y análisis a medida que avanzan, analizándolo todo en fragmentos y sin ningún orden determinado. Herbert Simon, un premio Nobel que ha dedicado parte de su carrera al tema, dice de la complejidad de la formación de conceptos: «Lo que caracteriza principalmente el pensamiento creativo de las formas más mundanas son: *a*) las ganas de aceptar problemas definidos de manera vaga y de estructurarlos gradualmente, *b*) la preocupación continua por los problemas a lo largo de un considerable período de tiempo, y *c*) un amplio conocimiento de fondo en áreas relevantes y potencialmente relevantes».

En pocas palabras: conocimiento, obsesión, audacia. El proceso creativo es una mezcla opaca. Quizá solo las memorias abiertamente confesionales, que siguen siendo raras o inexistentes[14], podrían desvelar de qué manera encuentran realmente los científicos el camino hasta una conclusión publicable. En un cierto sentido, los artículos científicos son deliberadamente engañosos. Del mismo modo que una novela es mejor que el novelista, un informe científico es mejor que el científico, al haber sido despojado de todas las confusiones y pensamientos innobles que llevaron a su composición. Pero toda esta paja voluminosa e incomprensible, que pronto se olvidará, contiene la mayor parte de los secretos del éxito científico.

La definición canónica del conocimiento científico objetivo que los positivistas

lógicos buscaban ávidamente no es un problema filosófico ni puede alcanzarse, como ellos esperaban, mediante el análisis lógico y semántico. Es una cuestión empírica que solo puede contestarse mediante un sondeo continuo de la base científica del propio proceso de pensamiento. Casi con toda seguridad, los procedimientos más fructíferos incluirán el uso de inteligencia artificial, ayudada en su momento por el campo todavía embrionario de la emoción artificial, para simular operaciones mentales complejas. Este sistema de modelado se añadirá a una neurobiología del cerebro que ya está madurando rápidamente, que incluye el barrido de alta resolución de las redes computacionales activas en varias formas de pensamiento. Avances importantes vendrán también de la biología molecular del proceso de aprendizaje.

Si pueden definirse los procesos biológicos exactos de la formación de conceptos, podremos diseñar métodos superiores de indagación tanto del cerebro como del mundo que lo rodea. En consecuencia podemos esperar estrechar el grado de conexión entre los acontecimientos y leyes de la naturaleza y la base física de los procesos del pensamiento humano. ¿Será entonces posible realizar el paso final e idear una definición inexpugnable de la verdad objetiva? Quizá no. La sola idea es aventurada. Huele a absolutismo, la peligrosa Medusa tanto de la ciencia como de las humanidades. Es probable que su aceptación prematura sea más paralizante que su negación. Pero ¿entonces hemos de estar preparados para rendirnos? ¡Nunca! Es mejor navegar siguiendo una estrella de guía que ir a la deriva a través de un mar sin sentido. Pienso que sabremos si nos acercamos al objetivo de nuestros predecesores, aunque sea inalcanzable. Su brillo será captado en la elegancia, la belleza y el poder de nuestras ideas compartidas y, en el mejor espíritu del pragmatismo filosófico, en la sabiduría de nuestra conducta.

# CAPÍTULO 5

## El hilo de Ariadna

Con ayuda del método científico hemos adquirido una visión global del mundo físico mucho más allá de los sueños de generaciones anteriores. Ahora la gran aventura está empezando a volverse hacia dentro, hacia nosotros. En las últimas décadas las ciencias naturales se han extendido hasta alcanzar las fronteras de las ciencias sociales y de las humanidades. Aquí el principio de explicación consiliente que guía el avance ha de sufrir su prueba más severa. Las ciencias físicas han sido relativamente fáciles; las ciencias sociales y las humanidades serán el reto final. Esta conjunción incierta de las disciplinas posee elementos míticos que habrían complacido a los antiguos griegos: camino traicionero, viaje heroico, instrucciones secretas que nos llevan a casa. Los elementos han sido ensamblados en muchas narraciones a lo largo de los siglos. Entre ellos está el relato del laberinto cretense, que puede servir asimismo como metáfora de la consiliencia.

Teseo, el campeón de Atenas al estilo de Hércules, se dirige al corazón del laberinto cretense. A través de cada corredor, después de efectuar innumerables giros y vueltas, desenreda un ovillo de hilo que le dio Ariadna, la enamorada hija del rey Minos de Creta. En algún lugar de los pasadizos escondidos encuentra al Minotauro, el caníbal medio hombre, medio toro, al que siete jóvenes y siete doncellas le son sacrificados cada año como tributo de Atenas a Creta. Teseo mata al Minotauro con sus manos desnudas. Después, siguiendo el hilo de Ariadna, vuelve sobre sus pasos a través del laberinto hasta salir de él.

El laberinto, cuyo probable origen fue un conflicto prehistórico entre Creta y el Ática, es una imagen mítica adecuada del mundo material no cartografiado en el que la humanidad nació y que siempre se esfuerza por comprender. La consiliencia entre las ramas del saber es el hilo de Ariadna necesario para atravesarlo. Teseo es la humanidad, el Minotauro nuestra propia irracionalidad peligrosa. Cerca de la entrada del laberinto del conocimiento empírico está la física, que comprende una galería, y después unas cuantas galerías que se ramifican, que todos los investigadores que emprenden el viaje deben seguir. En el interior profundo hay una nebulosa de rutas a través de las ciencias sociales, las humanidades, el arte y la religión. Si el hilo de explicaciones causales conectadas ha sido bien colocado, es posible seguir rápidamente cualquier ruta en el sentido inverso, desde las ciencias del comportamiento a la biología, a la química y finalmente a la física.

Con el tiempo, descubrimos que el laberinto posee una peculiaridad inquietante que hace que sea imposible conocerlo a fondo y de manera completa. Aunque, más o

menos, existe una entrada, no hay un centro, solo un número inmenso de puntos finales situados en las profundidades del laberinto. Al reseguir el hilo en sentido inverso, desde el efecto a la causa, suponiendo que tengamos el saber suficiente para hacer tal cosa, podemos empezar con solo un punto final. Así, el laberinto del mundo real es un laberinto borgesiano de posibilidades casi infinitas. Nunca podemos cartografiarlo en su totalidad, nunca descubrir y explicarlo todo. Pero podemos esperar viajar velozmente a través de las partes conocidas, desde lo específico a lo general, y (en resonancia con el espíritu humano) podemos seguir trazando rutas indefinidamente. Podemos conectar hilos en redes de explicación más amplias, porque se nos ha dado la antorcha y el ovillo de hilo.

Existe otro carácter definidor de la consiliencia: es mucho más fácil retroceder a través de los corredores que se ramifican que avanzar. Una vez se han colocado segmentos de explicación, uno cada vez, desde un nivel de organización al siguiente, hasta muchos puntos finales (por ejemplo, formaciones geológicas o especies de mariposas), podemos elegir cualquier hilo y esperar razonablemente poderlo reseguir a través de los puntos de bifurcación de la causación y remontarnos hasta las leyes de la física. Pero el viaje opuesto, desde la física a los puntos finales, es extremadamente problemático. A medida que aumenta la distancia a la física, las opciones que permiten las disciplinas antecedentes aumentan de manera exponencial. Cada punto de bifurcación de la explicación causal multiplica los hilos que se dirigen hacia delante. La biología es casi inimaginablemente más compleja que la física, y las artes, de forma equivalente, más complejas que la biología. Permanecer en el rumbo adecuado todo el camino parece imposible. Y, lo que es peor, no podemos saber antes de emprender el camino si existe siquiera el viaje completo que hemos imaginado.

El crecimiento acelerado de la complejidad en el sentido del avance, desde la entrada a los puntos finales, lo ilustra con claridad de libro de texto la biología celular. Los investigadores han utilizado los principios reduccionistas de la física y la química para explicar la estructura y la actividad celulares con un detalle admirable y brillante, sin dejar espacio discernible para explicaciones alternativas. Esperan, con el tiempo, explicarlo todo acerca de cualquier tipo concreto de célula que elijan estudiar, reduciéndola orgánulo a orgánulo y finalmente volviéndola a ensamblar de manera holística, viajando así hacia la entrada del laberinto y la simplicidad. Pero abrigan la vaga esperanza de *predecir* (en oposición a explicar y reconstruir de manera retroactiva) el carácter de cualquier célula completa desde la física y la química, y con ello de viajar desde la entrada del laberinto hacia la complejidad creciente. Para recitar uno de los mantras de la ciencia, las explicaciones de las ciencias físicas son necesarias pero no suficientes. Hay demasiada idiosincrasia en la disposición del núcleo y de los demás orgánulos de una célula determinada, así como de las moléculas que las componen, y demasiada complejidad en los intercambios químicos, que varían constantemente, de la célula con el ambiente, para conseguir dicha quiniela conceptual. Y más allá de estas peculiaridades aguarda la historia todavía

oculta del ADN prescriptivo, que se extiende a través de innumerables generaciones.

Para decirlo brevemente, las cuestiones de interés son cómo esta ensamblada la célula y cuál fue la historia evolutiva que llevó a su prescripción. Para avanzar, los biólogos están obligados en primer lugar a describir la complejidad de la célula, y después a descomponerla. Ir en el otro sentido es concebible, pero todos los biólogos están de acuerdo en que sería difícil hasta lo prohibitivo.

Disecar un fenómeno en sus elementos, en este caso la célula en orgánulos y moléculas, es consiliencia mediante reducción. Reconstituirlo, y especialmente predecir con el conocimiento obtenido mediante la reducción de qué manera la naturaleza lo ensambló en primer lugar, es consiliencia mediante síntesis. Este es el procedimiento en dos fases mediante el que los científicos naturales suelen trabajar: de arriba abajo a través de dos o tres niveles de organización cada vez mediante análisis, y después de abajo arriba a través de los mismos niveles mediante síntesis.

El procedimiento puede ilustrarse de manera sencilla con un modesto ejemplo de mi propia investigación. Las hormigas se advierten unas a otras del peligro a distancia. Cuando una hormiga obrera es empujada, inmovilizada en el suelo o se ve amenazada de alguna otra forma, las compañeras de nido que se hallan en un radio de varios centímetros notan de alguna manera su apuro y se apresuran a ayudarla. (Digo «la», porque todas las obreras son hembras). La alarma puede comunicarse por la vista, pero solo raramente, porque las confrontaciones suelen tener lugar en la oscuridad y, en cualquier caso, muchas especies de hormigas son ciegas. La señal puede ser transmitida asimismo mediante el sonido. Las obreras inquietas emiten ruidos chirriantes frotando su cintura contra un segmento posterior de su cuerpo, o bien hacen subir y bajar repetidamente el cuerpo para golpear el suelo. Pero, de nuevo, el sonido es utilizado solo por algunas especies, y solo en ocasiones especiales.

Conociendo estos hechos, en la década de 1950, como entomólogo en ciernes, especulé que las señales de alarma claves eran químicas. Las sustancias eran lo que los investigadores llamaban en aquellos días liberadores químicos y que en la actualidad se conocen como feromonas. Para comprobar mi idea, recogí colonias de hormigas recolectoras rojas y de algunas otras especies cuya historia natural conocía bien. Después las instalé en nidos artificiales no muy distintos de las granjas de hormigas de los niños. Con la ayuda de una lupa binocular y de pinzas de relojero disequé obreras acabadas de matar para obtener órganos que pudieran contener feromonas de alarma. Aplasté cada uno de estos pedacitos blancos de tejido sobre las puntas afiladas de palillos aplicadores y los presenté uno tras otro a los restantes grupos de obreras. De este modo descubrí que al menos dos de dichas glándulas son activas. Una se abre en la base de las mandíbulas y la otra junto al ano. Las hormigas quedaban galvanizadas por las sustancias liberadas por las glándulas. Se movían hacia delante y hacia atrás en círculos y giros alrededor de los palillos, deteniéndose solo ocasionalmente para examinar y mordisquear el tejido aplastado.

Había identificado con precisión el origen de las feromonas. Pero ¿qué eran? Pedí ayuda a Fred Regnier, un químico de mi misma edad que estaba empezando su propia carrera. Era experto en las habilidades que en aquella época más se necesitaban para progresar en el estudio de la comunicación de las hormigas, el análisis de muestras orgánicas extremadamente pequeñas. Utilizando las técnicas más modernas, cromatografía de gases y espectrometría de masas, Regnier identificó las sustancias activas como una mezcla de compuestos simples denominados alcanos y terpenoides. Obtuvo después muestras de compuestos idénticos que habían sido sintetizados en el laboratorio, garantizando su pureza. Cuando presentamos cantidades minúsculas a las colonias de hormigas, obtuvimos las mismas respuestas que yo había observado en mis primeros experimentos, y confirmamos que los componentes glandulares que Regnier había identificado eran las feromonas de alarma.

Esta información fue el primer paso para la comprensión de fenómenos más amplios y más básicos. A continuación conseguí la ayuda de William Bossert, un joven matemático. (Eramos todos jóvenes, en aquellos días; los científicos jóvenes tienen las mejores ideas y, lo que es más importante, mucho tiempo). Intrigado por la novedad del problema, así como por el pequeño estipendio que le ofrecí, accedió a construir modelos físicos de la difusión de las feromonas. Sabíamos que las sustancias químicas se evaporaban desde las aberturas de las glándulas. Las moléculas que se encuentran más cerca de las aberturas son lo suficientemente densas como para ser olidas por las hormigas. Denominamos espacio activo al espacio tridimensional en el que tal cosa ocurre. La forma geométrica del espacio activo puede predecirse si se conocen las propiedades físicas de las moléculas y confirmarse a partir del tiempo necesario para que la nube de moléculas en expansión alerte a las hormigas. Utilizamos a la vez modelos y experimentos para medir la tasa de expansión de las moléculas y la sensibilidad de las hormigas frente a ellas, y para establecer con una certeza razonable que las obreras liberan feromonas evaporadas con la finalidad de comunicarse.

Los pasos en el razonamiento que seguimos son universales en la investigación científica. Se siguen de la consiliencia de las disciplinas establecidas por generaciones de científicos anteriores. Para resolver el problema de la comunicación de alarma entre las hormigas empleamos la reducción, abriéndonos *camino* hacia *abajo* desde un nivel de organización específica, es decir, el organismo, a un nivel más general, la molécula. Intentamos explicar un fenómeno de la biología con la física y la química. Por suerte, nuestras ideas tuvieron éxito… esta vez.

La misma aproximación a la investigación de las feromonas continuó rindiendo fruto en las décadas que siguieron. Gran número de biólogos que trabajaban independientemente unos de otros establecieron que las hormigas organizan sus colonias con muchos sistemas químicos como los que se utilizan para transmitir alarma. Descubrimos que el cuerpo de las hormigas es una batería andante de glándulas llenas de compuestos semióticos. Cuando las hormigas dispensan sus

feromonas, solas o en combinación y en cantidades variables, dicen, efectivamente, a otras hormigas: «peligro, venid rápidamente»; o «peligro, dispersáos»; o «comida, seguidme»; o «hay un lugar mejor para anidar, seguidme»; o «soy una compañera de hormiguero, no una extraña»; o «soy una larva», y así sucesivamente a través de un repertorio de diez a veinte mensajes, número que difiere según la casta (tal como soldado u obrera menor) y la especie. Estos códigos de gusto y olfato son tan generales y potentes que todos juntos atan a las colonias de hormigas en una única unidad operacional. Como resultado, cada colonia puede considerarse como un superorganismo, un cúmulo de organismos convencionales que actúan como un organismo único y mucho mayor. La colonia es una red semiótica primitiva que se parece aproximadamente a una red nerviosa, y el desplazamiento se extiende para comprometer la inteligencia comunal.

Habíamos atravesado cuatro niveles: desde el superorganismo al organismo, de este a las glándulas y a los órganos de los sentidos, y de ahí a las moléculas. ¿Era posible entonces dar media vuelta y viajar en la dirección opuesta, y predecir el resultado sin saber de antemano la biología de las hormigas? Sí, al menos en la forma de unos cuantos principios generales. A partir de la teoría de la selección natural, puede esperarse que las moléculas que actúan como feromonas posean determinadas propiedades que permiten su fabricación y transmisión eficientes. Añadiendo unos principios de química orgánica, llegamos a la conclusión de que era probable que las moléculas contuvieran de 5 a 20 átomos de carbono y tuvieran pesos moleculares de entre 80 y 300. Las moléculas que actúan como feromonas de alarma, en particular, se encontrarán por lo general en el extremo más ligero. Serán producidas en cantidades comparativamente grandes, por ejemplo millonésimas de gramo en lugar de milmillonésimas de gramo en cada hormiga, y las obreras que respondan a las mismas serán menos sensibles a ellas que a la mayoría de otros tipos de feromonas. Esta combinación de características permite una transmisión rápida, seguida por una pronta disminución de la señal una vez ha pasado el peligro. En cambio, puede predecirse que las sustancias de rastro, que son seguidas por las hormigas desde el hormiguero al alimento y retorno, consistirán en moléculas con las cualidades opuestas. Sus características permiten una larga duración de la señal, así como aseguran la intimidad de la transmisión. Dicha intimidad evita que los depredadores localicen la señal y cacen a las que las emiten. En la guerra (y, no hay que equivocarse, la naturaleza es un campo de batalla) se necesitan códigos secretos.

Estas predicciones, o conjeturas informadas, si el lector prefiere, cumplen los requisitos de consiliencia mediante síntesis. Con algunas excepciones sorprendentes, se han confirmado. Pero los biólogos no pueden predecir a partir únicamente de la física y la química la estructura exacta de las moléculas de feromonas o la identidad de las glándulas que las fabrican. En cuanto a eso, antes de efectuar los experimentos, no pueden estipular si una determinada señal es utilizada o no por una especie dada de hormiga. Para conseguir este nivel de precisión, para viajar todo el camino desde

la física y la química, cerca de la entrada del laberinto, hasta un punto final en la vida social de las hormigas, necesitamos conocimientos colaterales detallados de la historia evolutiva de la especie y del ambiente en el que vive.

La síntesis predictiva, en resumen, es sumamente difícil. En cambio, creo que la explicación en la dirección opuesta, mediante reducción, puede conseguirse en algunos casos a través de todos los niveles de organización y, por lo tanto, de todas las ramas del saber. Como demostración, intentaré ahora reseguir el sueño de un mago hasta llegar a lo más bajo, un átomo.

En el sueño del mago hay serpientes, transfiguradas a partir de las serpientes de la vida real. No las he situado aquí por capricho. Resultan ser los animales salvajes que, con más frecuencia, son conjurados en todo el mundo en sueños y alucinaciones inducidas por drogas. Las serpientes son poderosas imágenes de la fantasía humana, que con la misma facilidad se aparecen al zulú y al residente en Manhattan; son serpientes de carne y hueso que se transforman en imágenes titilantes de la mente subconsciente. Allí, en función de la cultura y la experiencia de cada individuo que sueña, son conjuradas de formas variadas, como depredadores, demonios amenazadores, guardianes de un mundo escondido, oráculos, espíritus de los muertos y dioses. El cuerpo escurridizo y los ataques letales de las serpientes verdaderas las convierten en ideales para la magia. Sus imágenes evocan mezclas de emoción que caen en un gradiente triangular definido por los tres puntos de miedo, repugnancia y temor reverente. Donde la serpiente real asusta, la serpiente onírica paraliza. En el estado paralítico que el soñador tiene cuando duerme, no se puede escapar de la serpiente.

Las serpientes son abundantes y diversas en las pluviselvas de la Amazonia occidental. Las serpientes oníricas, equivalentes de las reales, figuran de forma prominente en las culturas de sus habitantes amerindios y mestizos. Los chamanes presiden la toma de drogas alucinógenas e interpretan el significado de las serpientes y otras apariciones que surgen como consecuencia. Los jívaros de Ecuador utilizan *maikua*, el jugo de la corteza verde de un miembro de la familia del estramonio, *Datura arborea*. Los guerreros lo beben para convocar a los *arutams*, los antepasados que viven en el mundo de los espíritus. Si el buscador es afortunado, surge un espíritu de las profundidades de la selva, a menudo en la forma de dos anacondas gigantes, que en la vida real es la especie *Eunectes murinus*, la más pesada de las serpientes del mundo, suficientemente grande para matar a un ser humano. Las serpientes del sueño ruedan hacia él, enzarzadas en combate. Cuando llegan a unos seis a nueve metros de distancia, el jívaro ha de correr hacia ellas y tocarlas. De otro modo, explotarán «como dinamita», y desaparecerán.

Una vez ha recibido su visión, el jívaro no debe decírselo a nadie, de lo contrario el hechizo terminará. Aquella noche duerme en la orilla del río más próximo, y mientras sueña el *arutam* retorna a él en la forma de un viejo. Le dice: «Soy tu

antepasado. Del mismo modo que yo he vivido mucho tiempo, igual harás tú. Del mismo modo que he matado muchas veces, lo mismo harás tú». Entonces la aparición desaparece y, al hacerlo, su alma penetra en el cuerpo del soñador. Al alba, el jívaro se levanta con una sensación aumentada de valentía y de gracia en su porte. Su nuevo comportamiento es advertido por los demás habitantes de las casas dispersas de la comunidad jívara local. Si lo desea, puede llevar el adorno de huesos de ave que se coloca en el hombro y simboliza el poder del alma del *arutam*. En los viejos tiempos se le habría considerado apto para servir como guerrero en las expediciones de caza de cabezas.

Ochocientos kilómetros hacia el sudeste, en el Perú amazónico, vive Pablo Amaringo, chamán mestizo y artista. Basándose en las tradiciones de sus antepasados amerindios, los hablantes de cocama y quechua del Amazonas y de Cajamarca, Amaringo conjura visiones y las pinta en cuadros. La droga que elige, muy utilizada en las comunidades de la región del río Ucayali, es la ayahuasca, que se extrae de la enredadera de la jungla *Banisteriopsis*. Sus sueños están poblados de serpientes en la mayor parte de sus papeles culturales amazónicos: monturas de los dioses, espíritus de los bosques, depredadores que cazan al acecho animales y personas, fecundadores de mujeres, propietarios de lagos y bosques, y a veces la misma enredadera sinuosa ayahuasca transmutada en su forma animal.

En la rica tradición local de los shipibos que siguen Amaringo y sus cuadros, las serpientes, así como otros seres reales y sobrenaturales, están decoradas con intrincados dibujos geométricos en colores primarios. Los cuadros comparten asimismo el *horror vacui* de los shipibo: todos los espacios disponibles están atestados de detalles. El estilo encaja con la región amazónica, que bulle de vida de una variedad extraordinaria.

Los temas de Amaringo son vagamente eclécticos. Espíritus, magos y animales fantásticos de los antiguos mitos amerindios están mezclados con peruanos contemporáneos y artefactos industriales. Hay barcos y aviones que pasan; incluso platillos volantes que se ciernen sobre la bóveda de la pluviselva. Las imágenes, surreales y perturbadoras, liberadas de los impulsos sensoriales normales, son emociones encarnadas que buscan el teatro y la narración. Su locura ilustra el principio de que, durante los trances y el sueño, cualquier metáfora sirve y cualquier fragmento de memoria capaz de deslizarse en la mente desprotegida se convierte en parte del relato.

Las plantas sagradas, que han sido analizadas por los químicos, ya no son misteriosas. Sus jugos están dotados de neuromoduladores que en grandes dosis orales producen un estado de excitación, delirio y visión. Los efectos primarios suelen estar seguidos por narcosis y sueños de tipo similar. En la *Datura* de los jívaros se trata de los alcaloides atropina y escopolamina, semejantes desde el punto de vista estructural. En la *Banisteriopsis* de los mestizos incluyen betacarbolinas, a las que los chamanes suelen añadir dimetiltriptamina procedente de otra especie

vegetal. Las sustancias son psicotrópicas, y estimulan una racha de imágenes lo suficientemente intensa como para abrirse paso a través de los procesos controlados del pensamiento consciente ordinario. Alteran el cerebro de la misma manera que las moléculas neuromoduladoras naturales que regulan los sueños normales. La diferencia es que, bajo su influencia, las personas entran en un trance semicomatoso en el que los sueños, descontrolados y a menudo vividos y apremiantes, ya no están confinados al sueño[15].

Es tentador ser condescendiente con las búsquedas espirituales de los vegetalistas amazónicos, al igual que es fácil desechar la fe inocente de la contracultura en los gurúes y hechiceros henchidos de droga durante las décadas de 1960 y 1970. Fuera de unos pocos cultos, poca gente cree en la actualidad en el que fue gurú de las drogas, Timothy Leary, o incluso apenas recuerda a Carlos Castaneda y la que fuera su obra más famosa, *Las enseñanzas de don Juan*. Pero sería un error subestimar la importancia de tales visiones. Nos dicen algo importante sobre la biología y la naturaleza humana. Durante milenios ha sido generalizado en muchas culturas del mundo el uso de alucinógenos para aumentar el conocimiento interior. Desde hace tiempo, en la civilización occidental, el sueño natural y los sueños inducidos por drogas han sido considerados como la entrada a lo divino. Aparecen en momentos esenciales del Viejo y el Nuevo Testamentos. Por ejemplo, el evangelio de San Mateo 1:20 nos explica que mientras José meditaba sobre el embarazo de María y la concepción de Jesús, «he aquí que se le apareció en sueños un ángel del Señor» que le reveló que el progenitor era el Espíritu Santo. El testimonio de José estableció uno de los dos pilares esenciales del credo cristiano, siendo el otro el relato de la Resurrección que hicieron los discípulos, que también ocurrió en un sueño.

Emanuel Swedenborg, el científico y teólogo del siglo XVIII cuyos seguidores fundaron la Iglesia de la Nueva Jerusalén, creía que los sueños contienen secretos de lo divino. Dios no limita su palabra a las Sagradas Escrituras. Si el código sagrado no puede encontrarse bajo el microscopio (como descubrió, para su desengaño, el sabio sueco), todavía puede hacer su aparición en los escenarios del mundo onírico. Swedenborg recomendaba horas irregulares y privación del sueño como procedimientos para inducir imágenes más claras y frecuentes[16]. Al menos, en lo que se refiere a la fisiología tenía razón; sospecho que habría disfrutado con una dosis de ayahuasca bien cargada.

Consideremos entonces los sueños de un mago, un hechicero, un chamán. Son más que los productos simples y únicos de una sola mente; muestran cualidades que son generales a la especie humana. Vale la pena analizar el arte de Pablo Amaringo a la manera de las ciencias naturales. Sus cuadros son un causa instrumental de consiliencia, un fragmento impresionante de cultura que podría explicarse, y por lo tanto conseguir un significado añadido, en el siguiente nivel, el biológico, en los niveles de complejidad de la inspiración artística.

Los científicos están acostumbrados a buscar elementos disponibles como puntos de entrada para un tal análisis. Con este propósito he escogido dos elementos de los cuadros de Amaringo que se ofrecen para su explicación conveniente: el paisaje onírico en su conjunto y las serpientes que lo pueblan de manera conspicua.

El misticismo y la ciencia se encuentran en los sueños. Freud, consciente de la conjunción, compuso una hipótesis para explicar su significado. Dijo que nuestros sueños son disfraces para deseos inconscientes. Cuando dormimos, el ego libera su control sobre ello, que es la encarnación del instinto, y entonces nuestros más primitivos miedos y deseos escapan hacia la mente consciente. Sin embargo, no son sentidos de forma bruta. Al igual que los personajes de una mala novela victoriana, son alterados por el censor de la mente en símbolos para que no perturben el sueño. La persona media no puede esperar leer con precisión su significado al despertarse. Debe dirigirse, afirmaba Freud, a un psicoanalista, que la guiará a través de la asociación libre con el fin de descifrar los códigos. A medida que se hacen las traducciones, las conexiones de los símbolos con la experiencia infantil resultan evidentes. Si la revelación se desarrolla correctamente, el paciente goza de un alivio de las neurosis y otras alteraciones psicológicas que se originan en sus memorias reprimidas.

La idea de Freud acerca del inconsciente, al centrar la atención en los procesos irracionales ocultos del cerebro, fue una contribución fundamental a la cultura. Se convirtió en un venero de ideas que fluyeron desde la psicología a las humanidades. Pero en su mayor parte es errónea. El error fatal de Freud fue su renuencia constante a comprobar sus propias teorías: enfrentarlas con las explicaciones en competencia y después revisarlas para acomodar los hechos controvertidos. También tuvo la suerte de ser el primero. Los actores de su drama (ello, ego y superego) y los papeles que desempeñaban en la supresión y la transferencia pudieron haber evolucionado suavemente hasta los elementos de una teoría científica moderna, si Freud hubiera adivinado correctamente su naturaleza básica. La teoría de Darwin de la selección natural prosperó de este modo, aunque el gran naturalista no tenía idea alguna de la herencia particulada que transportan los genes. Solo más tarde la genética moderna verificó su intuición en relación con el proceso evolutivo. En los sueños, Freud se enfrentaba a un conjunto de elementos mucho más complejo e intratable que los genes, y (para decirlo todo lo amablemente que sea posible) se equivocó en sus conjeturas.

La hipótesis en competencia, y más moderna, de la naturaleza básica del sueño es el modelo de activación-síntesis de la biología. Tal como lo han diseñado durante las dos últimas décadas J. Alian Hobson, de la Facultad de Medicina de Harvard, y otros investigadores, junta los pedazos de nuestro conocimiento creciente de los verdaderos acontecimientos celulares y moleculares que tienen lugar en el cerebro durante los sueños.

En resumen, los sueños son una especie de locura, un ajetreo de visiones, en gran

parte desconectadas de la realidad, cargadas de emociones y empapadas de símbolos, arbitrarias en su contenido y potencialmente infinitas en su variedad. Es muy probable que soñar sea un efecto colateral de la reorganización y la edición de información en los bancos de memoria del cerebro. No es, como Freud imaginaba, el resultado de emociones salvajes y memorias escondidas que se escabullen en un descuido del censor que es el cerebro.

Los hechos que subyacen a la hipótesis de activación-síntesis pueden interpretarse como sigue. Durante el sueño, cuando cesan casi todas las entradas sensoriales, el cerebro consciente es activado internamente por impulsos que se originan en el tallo cerebral o bulbo raquídeo. El cerebro anda a la rebatiña para realizar su función usual, que es crear imágenes que se mueven a lo largo de narraciones coherentes. Pero al carecer de entradas de información sensorial minuto a minuto, incluidos los estímulos generados por el movimiento del cuerpo, permanece desconectado de la realidad externa. Por lo tanto, hace todo lo que puede: crea fantasía. El cerebro consciente, que recupera el control al despertarse, y con todas sus entradas sensoriales y motrices restauradas, revisa la fantasía e intenta darle una explicación racional. La explicación falla y, como resultado, la propia interpretación del sueño se convierte en una especie de fantasía. Esta es la razón por la que las teorías psicoanalíticas que se refieren a los sueños, así como las interpretaciones sobrenaturales paralelas que surgen en el mito y la religión, son, a la vez, emocionalmente convincentes y objetivamente incorrectas.

La base molecular de la ensoñación se conoce en parte. El sueño cae sobre el cerebro cuando transmisores químicos neuronales de un cierto tipo, aminas tales como la norepinefrina y la serotonina, disminuyen en cantidad. Simultáneamente, aumenta la cantidad de un transmisor de un segundo tipo, la acetilcolina. Ambos transmisores bañan las uniones de neuronas especializadas para ser sensibles a ellos. Los dos tipos de neurotransmisores existen en un equilibrio dinámico. Las aminas despiertan el cerebro y median su control en los sistemas sensoriales y músculos voluntarios. La acetilcolina cierra estos órganos. A medida que la acetilcolina gana ascendiente, las actividades del cerebro consciente se reducen. Lo mismo ocurre con otras funciones del cuerpo excepto la circulación, la respiración, la digestión y (lo que es extraordinario) el movimiento de los globos oculares. Los músculos voluntarios del cuerpo están paralizados durante el sueño. La regulación de la temperatura disminuye asimismo. (Esta es la razón por la que puede ser peligroso quedarse dormido mientras el cuerpo está frío).

En un ciclo nocturno normal, el sueño es al principio profundo y sin sueños. Después, a intervalos, y ocupando en conjunto alrededor del 25% del período de sueño total, se torna ligero. Durante los períodos de sueño ligero es más fácil que el durmiente se despierte. Sus ojos se mueven de forma errática en sus órbitas, condición que se denomina movimiento rápido del ojo, o REM[17]. El cerebro consciente se agita y sueña pero permanece aislado de los estímulos externos. Se

dispara la ensoñación cuando las neuronas de acetil colina del tallo cerebral empiezan a descargar de forma desenfrenada, iniciando lo que se denominan ondas PGO. La actividad de la membrana eléctrica, todavía mediada por la acetilcolina en las uniones neuronales, se desplaza desde el puente (la P de PGO), una masa bulbosa de centros nerviosos situados en la parte superior del tallo cerebral, hacia arriba, al centro inferior de la masa cerebral, donde penetra en los núcleos geniculados (G) del tálamo, que son centros principales de conmutación en las rutas neuronales visuales. Las ondas PGO pasan después a la corteza occipital (O), en la parte posterior del cerebro, donde tiene lugar la integración de la información visual.

Puesto que el puente es asimismo una estación de control principal para la actividad motriz cuando el cerebro está despierto, las señales que pasan a través del sistema PGO informan equivocadamente a la corteza de que el cuerpo está en movimiento. Pero, naturalmente, el cuerpo está inmóvil; en realidad, está paralizado. Lo que entonces hace el cerebro visual es alucinar. Saca de los bancos de memoria imágenes y relatos y los integra en respuesta a las ondas que llegan desde el puente. No constreñido por la información del mundo exterior, privado de contexto y continuidad en el espacio y tiempo reales, el cerebro construye apresuradamente imágenes que a veces son fantasmagóricas y están implicadas en acontecimientos imposibles. Volamos por el aire, nadamos en el fondo del mar, caminamos sobre un planeta distante, conversamos con un familiar que murió hace tiempo. Personas, animales salvajes y apariciones sin nombre llegan y se van. Algunos constituyen la materialización de nuestras emociones desencadenadas por las oleadas de PGO, de manera que de un sueño a otro nuestro talante es calmado, asustado, airado, erótico, sensiblero, humoroso, lírico, pero la mayor parte del tiempo solo ansioso. No parece haber límite al poder combinatorio del cerebro que sueña. Y creemos todo aquello que vemos, al menos mientras dormimos; raramente se nos ocurre dudar incluso de los acontecimientos más extraños a los que hemos sido empujados involuntariamente. Alguien ha definido la locura como una incapacidad para elegir entre alternativas falsas. En sueños estamos locos. Vagamos como dementes por nuestros paisajes oníricos ilimitados.

Los estímulos fuertes pueden atravesar la barrera sensorial. Si no nos despiertan, son encajados en el relato de la ensoñación. Sea que a nuestro dormitorio llega el sonido de un trueno, correspondiente al rayo que ha caído a dos kilómetros de distancia. Para tomar una de las ilimitadas respuestas posibles, nuestro sueño cambia a un asalto a un banco, se dispara un arma, nos hieren. No, otra persona ha sido herida, cae, pero, de nuevo, no, nos damos cuenta de que somos nosotros, desplazados al cuerpo de otra persona. Extrañamente, no notamos dolor alguno. Después la escena cambia. Estamos caminando por un largo corredor, perdidos, ansiosos por volver a casa, suena otro disparo. Esta vez nos despertamos, tensos, y permanecemos tendidos y quietos en el mundo real, oyendo el trueno real que retumba desde la tormenta que se acerca afuera.

En sueños raramente sentimos las molestias físicas del dolor, las náuseas, la sed o el hambre. Unas cuantas personas padecen apnea, una detención temporal de la respiración que puede convertirse en visiones de asfixia o ahogamiento. En los sueños no hay olfato ni gusto; los canales de estos circuitos sensoriales están cerrados debido al lavado con acetilcolina del cerebro durmiente. A menos que nos despertemos poco después, no recordamos ningún detalle en absoluto. Del 95 al 99% de los sueños se olvidan por completo. Una pequeña minoría de personas cree, erróneamente, que no sueñan en absoluto. Esta amnesia sorprendente se debe, al parecer, a la baja concentración de transmisores de aminas, que son necesarias para convertir las memorias a corto plazo en memorias de mayor duración.

¿Cuál es la función de los sueños? Los biólogos han llegado a la conclusión provisional, a partir de estudios detallados en animales y en el ser humano, que la información que se adquiere mientras el cerebro está despierto se ordena y se consolida mientras está dormido. Existen indicios adicionales de que al menos parte de este procesamiento, en particular la intensificación de las habilidades cognitivas mediante repetición, está limitada a períodos de sueño REM, y por lo tanto a las fases de ensoñación. El mismo flujo de acetilcolina puede ser una parte crucial del proceso. El hecho de que soñar active una actividad motriz y emocional interna tan intensa ha llevado a algunos investigadores a sugerir que el sueño REM tiene una función todavía más profunda, darwiniana. Cuando soñamos, intensificamos el talante y mejoramos respuestas básicas para la supervivencia y la actividad sexual.

No obstante, los hallazgos de la neurobiología y de la psicología experimental no dicen nada acerca del contenido de los sueños. ¿Son *todas* las fantasías locura temporal, la suma de epifenómenos que rápidamente se olvidan durante la consolidación del aprendizaje? ¿O podemos buscar, de alguna manera no freudiana, el significado profundo en los símbolos de que están compuestos los sueños? Puesto que los sueños no son completamente aleatorios, la verdad debe de encontrarse en algún punto intermedio. La composición puede ser irracional, pero los detalles comprenden fragmentos de información apropiados para las emociones activadas por las ondas PGO. Es muy posible que el cerebro se halle genéticamente predispuesto a fabricar determinadas imágenes y episodios más que otros. Estos fragmentos pueden corresponder de una manera vaga a los impulsos instintivos de Freud y a los arquetipos del psicoanálisis jungiano. Quizá ambas teorías puedan hacerse más concretas y verificables mediante la neurobiología.

La predisposición genética y la evolución llevan al segundo elemento que he escogido de las pinturas de Amaringo: las serpientes. La forma de nuestra comprensión de estas criaturas de la noche es exactamente opuesta a la que se refiere a la naturaleza de los sueños en general. Como acabo de explicar, los biólogos saben ahora en términos muy generales cómo tienen lugar los sueños; han desenmarañado muchos de los acontecimientos celulares y moleculares que son clave en la

ensoñación. Están mucho menos seguros del bien que los sueños hacen a mente y cuerpo. En el caso de la prevalencia de serpientes, la situación se invierte. Los biólogos poseen una hipótesis de trabajo sólida sobre la función de las imágenes, pero hasta el momento no tienen idea de su base molecular y celular más allá del control general de la producción de sueños. El misterio del mecanismo exacto se debe a nuestra ignorancia de los procesos celulares por los que las memorias específicas, como las de las serpientes, se ensamblan y son coloreadas por la emoción.

Lo que sabemos de las serpientes, en cuanto imágenes oníricas, puede expresarse por los dos modos clave de análisis utilizados en biología. El primer modo expone causas inmediatas o próximas, las entidades y los procesos fisiológicos que crean el fenómeno. Las explicaciones inmediatas responden a la pregunta de *cómo* funcionan los fenómenos biológicos, por lo general a los niveles celular y molecular. El segundo modo de explicación trata de *por qué* funcionan: sus causas mediatas o últimas, que son las ventajas de que el organismo goza como resultado de la evolución que creó los mecanismos en primer lugar. Los biólogos aspiran a tener tanto explicaciones mediatas como inmediatas. Para resumir brevemente el estudio de los sueños, sabemos mucho acerca de las causas próximas de la ensoñación en general, pero muy poco acerca de sus causas últimas, mientras que para la presencia de serpientes en los sueños ocurre exactamente lo contrario.

La versión que voy a ofrecer ahora de las causas últimas de la conexión entre la serpiente y el hombre se ha construido a partir de informes de muchos investigadores sobre comportamiento animal y humano, y de manera más completa por el historiador del arte y antropólogo norteamericano Balaji Mundkur. El miedo a las serpientes es profundo y primordial entre los primates del Viejo Mundo, el grupo filogenético al que pertenece el *Homo sapiens*. Cuando los totas y otros cercopitecos, monos arborícolas colilargos que son comunes en África, encuentran determinados tipos de serpientes, emiten una llamada aspirada única. Son, evidentemente, buenos herpetólogos instintivos, porque la respuesta, que parece innata, se limita a las especies venenosas: cobras, mambas y víboras bufadoras. No emiten esta respuesta frente a serpientes inocuas. Otros miembros del grupo de monos acuden junto al que grita, y juntos observan al intruso hasta que abandona las inmediaciones. También emiten con facilidad una llamada innata que avisa de la presencia de águilas, que hace que todos los miembros de la banda bajen de los árboles y se dispersen para alejarse del peligro, y una llamada innata que avisa de la presencia de leopardos, que desencadena carrerillas en la dirección opuesta, hasta aquellas partes de la bóveda arbórea que los grandes felinos no pueden alcanzar.

Los chimpancés comunes, una especie que se cree que comparte con los prehumanos un antepasado común reciente, de hace unos cinco millones de años, son insólitamente aprensivos en presencia de serpientes, aunque no hayan tenido experiencias previas con las mismas. Se retiran hasta una distancia prudencial y siguen al intruso con la mirada fija al tiempo que alertan a los compañeros con una

llamada de aviso: «¡Ua!». La respuesta se intensifica gradualmente durante la adolescencia.

Los seres humanos poseen asimismo una aversión innata a las serpientes, y, como en los chimpancés, se hace más fuerte durante la adolescencia. La reacción no es un instinto rígidamente establecido. Es una propensión en el desarrollo del tipo que los psicólogos denominan aprendizaje preparado. Los niños simplemente aprenden el miedo a las serpientes con más facilidad que la de permanecer indiferentes o aprender afecto por las serpientes. Antes de los cinco años no sienten ninguna ansiedad especial. Más tarde, se hacen cada vez más cautelosos. Después, solo una o dos experiencias malas (una serpiente que culebrea entre la hierba cercana o un relato aterrador) pueden volverlos temerosos de manera profunda y permanente. La propensión está muy arraigada. Otros miedos comunes (a la oscuridad, los extraños, los ruidos fuertes) empiezan a desaparecer pasados los siete años de edad. En cambio, la tendencia a evitar las serpientes se hace más fuerte con el tiempo. Es posible cambiar en la dirección opuesta, aprendiendo a manipular serpientes sin miedo, o incluso a quererlas de alguna manera especial. Así lo hice, cuando era un muchacho, y una vez pensé seriamente en convertirme en un herpetólogo profesional. Pero en mi caso la adaptación fue forzada y consciente. La sensibilidad especial de la gente puede, con la misma facilidad, volverse una ofidiofobia completa, que es el extremo patológico en el que la proximidad de una serpiente produce pánico, sudor frío y accesos de náuseas.

No se han explorado las rutas neurales de la aversión a las serpientes. No conocemos la causa proximal del fenómeno excepto para clasificarlo como «aprendizaje preparado». En cambio, la causa última probable, el valor de supervivencia de la aversión, se comprende bien. A lo largo de la historia humana, unas cuantas especies de serpientes han sido una de las principales causas de enfermedad y muerte. Todos los continentes, con la excepción de la Antártida, poseen serpientes venenosas. En la mayor parte de África y Asia, la tasa conocida de muertes anuales debidas a mordeduras de serpientes es de 5 personas por cada 100.000. El récord local lo tiene una provincia de Birmania (que últimamente se llama Myanmar), con 36,8 muertes por cada 100 000 personas y por año. Australia posee una abundancia excepcional de serpientes venenosas, la mayoría de cuyas especies son parientes evolutivos de las cobras. A menos que se sea un experto, es aconsejable apartarse de cualquier serpiente en Australia, del mismo modo que es prudente evitar las setas silvestres en todas las partes del mundo. En América del Sur y Central viven serpientes mortíferas bien conocidas por los jívaros y los chamanes vegetalistas, que incluyen el surucucú, mapepire o terror de los bosques y la fer de lance, barba amarilla, labaria o jararacá, que figuran entre las víboras de fosita mayores y más agresivas. Su piel presenta dibujos cuya forma y color se parecen a los de la hojarasca, y sus colmillos son suficientemente largos como para atravesar una mano humana; aguardan al acecho en el suelo de la selva tropical, a la espera de pequeñas

aves y mamíferos, y asestan rápidos ataques defensivos a los seres humanos que pasan.

Las serpientes reales y las oníricas proporcionan un ejemplo de la manera en la que los agentes de la naturaleza pueden traducirse en símbolos de la cultura. Durante cientos de miles de años, tiempo suficiente para que cambios genéticos en el cerebro programen los algoritmos del aprendizaje preparado, las serpientes venenosas han sido una fuente significativa de heridas y muertes para los seres humanos. La respuesta a la amenaza no es simplemente evitarla, de la manera en que se reconoce que determinadas bayas son ponzoñosas mediante un doloroso proceso de prueba y error, sino sentir el tipo de aprensión y de fascinación morbosa que los primates no humanos exhiben en presencia de serpientes. La imagen de la serpiente atrae asimismo muchos detalles extraños que son puramente aprendidos, y como resultado de la intensa emoción que evoca, enriquece las culturas en todo el mundo. La tendencia de la serpiente a aparecer de pronto en trances y sueños, su forma sinuosa y su poder y misterio son ingredientes lógicos del mito y la religión.

Imágenes como las de Amaringo se remontan a varios milenios. Antes de las dinastías faraónicas, los reyes del Bajo Egipto eran coronados en Buto por la diosa Wadjet, una cobra. En Grecia estaba Ouroboros, la serpiente que se devoraba continuamente por la cola, mientras se regeneraba desde dentro. Para los gnósticos y los alquimistas de siglos posteriores, este autocaníbal llegó a simbolizar el ciclo eterno de destrucción y recreación del mundo. Un día de 1865, mientras dormitaba junto al fuego de una chimenea, el químico alemán Friedrich August Kekule von Stradonitz soñó con Ouroboros y de este modo concibió la molécula de benceno como un círculo de seis átomos de carbono, cada uno de ellos enlazado con un átomo de hidrógeno. Debido a esta inspiración, algunos de los datos más intrigantes de la química orgánica del siglo XIX encajaron en su lugar. En el panteón azteca, Quetzalcóatl, la serpiente emplumada con cabeza humana, reinaba como dios de la estrella matutina y vespertina, y con ello, de la muerte y de la resurrección. Fue el inventor del calendario y el benefactor del estudio y del sacerdocio. Tlaloc, el dios de la lluvia y el rayo, era otra quimera serpentina, con los labios superiores humanoides formados a partir de las cabezas de dos serpientes de cascabel. Tales apariciones solo pudieron haber nacido en sueños y trances.

En la mente y la cultura, la serpiente onírica trasciende a la serpiente real. Una comprensión de su transformación desde un reptil terrenal puede considerarse como uno de los muchos caminos que atraviesan las tierras fronterizas que separan la ciencia de las humanidades. Después de haber seguido a la serpiente a lo largo de una distancia considerable en nuestro viaje desde el mago al átomo, penetramos ahora en el interior de las ciencias biológicas. Aquí disponemos de mejores mapas, y el avance es considerablemente más fácil. Docenas de premios Nobel, que son el fruto de millones de horas de trabajo y de miles de millones de dólares destinados a la

investigación biomédica, señalan el camino a recorrer a lo largo de las ciencias, desde el cuerpo y el órgano a la molécula y el átomo, pasando por la célula. La estructura general de la neurona humana ha sido cartografiada en la actualidad con un detalle considerable. Su descarga eléctrica y la química sináptica se comprenden en parte y pueden expresarse en fórmulas que obedecen los principios de la física y la química. Se ha preparado el camino para atacar el principal problema no resuelto de la biología: de qué modo trabajan conjuntamente los cien mil millones de neuronas del cerebro para crear la consciencia.

Digo que es el principal problema porque los sistemas más complejos que se sabe que existen en el universo son biológicos, y con mucho el más complejo de todos los fenómenos biológicos es la mente humana. Si cerebro y mente son en la base fenómenos biológicos, de ahí se sigue que las ciencias biológicas son esenciales para conseguir la coherencia entre todas las ramas del saber, desde las humanidades hasta las ciencias físicas. La tarea resulta algo más fácil debido al hecho de que las disciplinas dentro de la propia biología son ahora por lo general consilientes y lo son más cada año que pasa. Quisiera explicar cómo se ha conseguido esto.

La consiliencia entre las ciencias biológicas se basa en una completa comprensión de la escala en el tiempo y el espacio. Pasar de un nivel al siguiente, por ejemplo de la molécula a la célula o al órgano y de aquí al organismo, requiere la correcta orquestación de los cambios en el tiempo y en el espacio. Para dejar claro esto volveré por última vez a Pablo Amaringo, mago, artista y organismo compañero. Imagine el lector que podemos acelerar o enlentecer el paso del tiempo que pasamos con él, al tiempo que expandimos o encogemos el espacio que vemos en su persona y a su alrededor. De manera que entramos en su casa, estrechamos su mano y Amaringo nos muestra un cuadro. Estas acciones consumen segundos o minutos. Un hecho evidente, de modo que, ¿para qué mencionarlo? La cuestión adquiere más sentido cuando se plantea de otra manera: ¿por qué estas acciones familiares no consumieron, en cambio, millonésimas de segundo, o meses? La respuesta es que los seres humanos están construidos de miles de millones de células que se comunican a través de membranas mediante ondas químicas e impulsos eléctricos. Ver a Amaringo y hablar con él causa una secuencia de estas unidades que cubren de segundos a minutos, no microsegundos o meses. Pensamos que un tal lapso de tiempo es normal y aproximadamente típico para el mundo en el que vivimos. No lo es. Puesto que nos afecta a Amaringo y a nosotros, que somos máquinas orgánicas, se trata solo de tiempo organísmico. Y puesto que el aparato entero de nuestra comunicación ocupa de milímetros a metros de superficie y volumen, no nanómetros o kilómetros, nuestras mentes sin ayuda moran enteramente en el espacio organísmico.

Imaginemos ahora que con el mejor de nuestros instrumentos (¡y con su permiso!) podemos mirar en el interior del cráneo de Pablo Amaringo. Aumentando la imagen, sus nervios más pequeños se hacen visibles. Después vemos las células que los constituyen, y finalmente las moléculas y los átomos. Observamos mientras

una neurona descarga: a lo largo de la longitud de su membrana, el voltaje cae a medida que los iones de sodio fluyen hacia el interior. En cada punto del axón de la neurona, los acontecimientos consumen solo varias milésimas de segundo, mientras que la señal eléctrica que crean (el descenso en voltaje) se acelera a lo largo del axón a diez metros por segundo, tan veloz como un corredor olímpico. Con nuestro campo de visión trasladado ahora a un espacio de solo una diezmilésima de nuestro campo original, los acontecimientos pasan demasiado deprisa para que puedan ser vistos. Una descarga eléctrica de la membrana celular cruza el campo de visión más rápida que una bala de fusil. Para verla (recuérdese, como observadores humanos nos hallamos todavía en el tiempo organísmico) hemos de registrar y disminuir la velocidad de la acción lo suficiente para poder contemplar acontecimientos que originalmente se produjeron en unas pocas milésimas de segundo o menos. Ahora estamos en el tiempo bioquímico, una necesidad si hemos de observar acontecimientos en el espacio bioquímico.

En medio de esta magia, Amaringo sigue hablando, pero apenas se ha dado cuenta de los cambios que ocurrieron cuando nuestras propias acciones se aceleraron mil veces. Su tiempo ha pasado solo lo suficiente para que emitiera una o dos palabras. Giramos los diales en la dirección opuesta, cambiamos el tiempo y el espacio hasta que reaparece su imagen completa y sus palabras fluyen a través de nuestra mente a un ritmo audible. Volvemos a girar los diales. Amaringo se reduce a un tamaño proporcionado y sale caminando apresurada y espasmódicamente, como un actor de una vieja película muda. Quizá actúa así frustrado porque ahora nosotros estamos congelados en nuestra posición como si fuéramos estatuas de mármol. Nuestra visión continúa ampliándose. Elevémonos por el aire para abarcar más espacio. Nuestro campo de visión aumenta para abarcar el pueblo de Pucallpa y después un amplio sector del valle del río Ucayali. Las casas desaparecen, surgen otras. El día se funde con la noche en un crepúsculo continuo, ya que se sobrepasa la frecuencia de parpadeo-fusión de nuestra visión de tiempo organísmico. Amaringo envejece, muere. Sus hijos envejecen y mueren. Cerca, la pluviselva está cambiando. Aparecen cla ros a medida que caen los árboles grandes, los pimpollos crecen, las aberturas se cierran. Ahora estamos en el tiempo ecológico. Giramos de nuevo los diales, y el espacio-tiempo se expande todavía más. Ya no son distinguibles las personas y organismos individuales, solo poblaciones borrosas (de anacondas, enredaderas ayahuasca, las gentes del Perú central), que pueden verse a través del paso de generaciones. Un siglo de su tiempo se encoge en un minuto del nuestro. Algunos de sus genes cambian, tanto de tipo como de frecuencia relativa. Separados de otros seres humanos y despojados de sus emociones, deiformes por fin, observamos el mundo en el tiempo y el espacio evolutivos.

Esta concepción de la escala es la manera por la que las ciencias biológicas se han hecho consilientes durante los últimos cincuenta años. Según la magnitud del tiempo y el espacio adoptados para el análisis, las divisiones básicas de la biología son, de

arriba abajo, como sigue: biología evolutiva, ecología, biología organísmica, biología celular, biología molecular y bioquímica. Dicha secuencia es asimismo la base para la organización de sociedades profesionales y de los planes de estudios de facultades y universidades. El grado de consiliencia puede medirse por el grado en el que los principios de cada división pueden comprimirse en los de las demás.

El entrelazamiento de las disciplinas biológicas, un concepto nítido, se ve todavía comprometido en su ejecución por el dilema del laberinto con el que inicié este capítulo. La consiliencia entre las disciplinas se hace cada vez más suavemente de arriba abajo a medida que se colocan más eslabones en su lugar, desde las entidades más específicas, como el cerebro o Amaringo, hasta las más generales, sus átomos y moléculas. Pero establecer la consiliencia en el otro sentido, de lo general a lo más específico, resulta muchísimo más difícil. En resumen: es mucho más fácil analizar a Amaringo que sintetizarlo.

El mayor obstáculo a la consiliencia mediante síntesis, el enfoque que, de manera general, se denomina holismo, es el aumento exponencial en complejidad con que nos topamos durante el avance ascendente a través de niveles de organización. Ya he explicado que no es posible predecir una célula a partir únicamente del conocimiento de sus orgánulos. Permítaseme ahora indicar cuán serio es realmente el problema. No es posible siquiera predecir la estructura tridimensional de una proteína a partir del conocimiento completo de sus átomos constituyentes. Puede determinarse la composición de aminoácidos, y la posición exacta de cada átomo puede cartografiarse de forma precisa con la ayuda de la cristalografía de rayos X. Sabemos, para escoger una de las proteínas más sencillas, que la molécula de insulina es una esfera que contiene cincuenta y un aminoácidos. Dicha reconstrucción es uno de los muchos triunfos de la biología reduccionista. Pero este conocimiento de la secuencia de todos los aminoácidos y de los átomos que los componen no es suficiente para predecir la forma de la esfera o su estructura interna tal como las revela la cristalografía de rayos X.

En principio, es posible la predicción de la forma de las proteínas. La síntesis al nivel de macromoléculas es un problema técnico, no conceptual. El esfuerzo para resolverlo supone, en realidad, una importante aplicación en bioquímica. Poseer tal conocimiento sería un descubrimiento importante en medicina. Se podrían crear, según se requiriera, proteínas sintéticas, algunas quizá más efectivas que las moléculas naturales, para combatir organismos causantes de enfermedades y remediar deficiencias enzimáticas. Sin embargo, en la práctica las dificultades parecen casi insuperables. Realizar la predicción requiere una suma de todas las relaciones energéticas entre átomos cercanos. Esto, por sí solo, ya intimida. Pero después hay que añadir las interacciones de átomos de la molécula distintos y más distantes. Las fuerzas que modelan la molécula comprenden una inmensa red de miles de contribuciones energéticas, todas las cuales deben integrarse

simultáneamente con el fin de formar el conjunto. Algunos bioquímicos creen que para conseguir esta etapa final, debe calcularse a su vez cada contribución energética con una precisión que todavía se encuentra más allá del alcance de las ciencias físicas.

En las ciencias ambientales existen dificultades todavía mayores. El reto básico de la ecología para el futuro previsible es el desmenuzamiento y la resíntesis de los conjuntos de organismos que ocupan los ecosistemas, en particular de los ecosistemas más complejos, tales como los estuarios y las pluviselvas tropicales. La mayoría de estudios de ecología se centran en solo una o dos especies de organismos a la vez, de los miles que ocupan un hábitat típico. Los investigadores, forzados al reduccionismo por la necesidad práctica, empiezan con pequeños fragmentos del ecosistema completo. Pero son conscientes de que el destino de cada especie está determinado por las diversas acciones de decenas o cientos de otras especies que, de manera diversa, fotosintetizan, ramonean, pastan, descomponen, cazan, son cazadas y remueven el suelo alrededor de las especies objetivo. Los ecólogos conocen muy bien este principio, pero siguen sin poder hacer nada en relación con la predicción de su manifestación precisa en un determinado caso. Aún más que los bioquímicos que manipulan átomos en una molécula grande, los ecólogos se enfrentan a relaciones dinámicas inmensurables entre las todavía mayores combinaciones de especies.

Considérese este ejemplo de la complejidad a la que se enfrentan. Cuando se creó el lago Gatún durante la construcción del Canal de Panamá en 1912, las aguas que iban subiendo aislaron un fragmento de tierra elevada. El nuevo aislado, cubierto de bosque perenne tropical, fue llamado isla de Barro Colorado, y se transformó en una estación de investigación biológica. En las décadas que siguieron se convirtió en el ecosistema de su tipo estudiado con mayor detalle en el mundo. El tamaño de la isla, 17 kilómetros cuadrados, era demasiado pequeño para poder mantener jaguares y pumas. Las presas de estos grandes felinos consistían en parte en agutíes y pacas, roedores de gran tamaño que se parecen vagamente a conejos y a ciervos pequeños. Estos animales, libres de una causa principal de mortalidad, se multiplicaron hasta diez veces su número normal. Sobreexplotaron su alimento, que consiste principalmente en grandes semillas que caen de la bóveda del bosque, lo que causó una reducción en la reproducción y en la abundancia de las especies de árboles que producen las semillas. El efecto se fue extendiendo. Otras especies de árboles, cuyas semillas son demasiado pequeñas para resultar de interés para los agutíes y las pacas, se beneficiaron de la reducción de la competencia. Sus semillas se instalaron de manera más abundante y sus pimpollos medraron, y un gran número de arbolillos alcanzaron el desarrollo completo y la edad reproductora. Entonces fue inevitable que las especies de animales cuya dieta alimentaria se basaba en los árboles de semillas pequeñas prosperaran, asimismo que los depredadores que dependen de estos animales aumentaran, que los hongos y bacterias que parasitan a los árboles de semilla pequeña y a los animales asociados se expandieran, que los animales

microscópicos que se alimentan de tales hongos y bacterias se hicieran más densos, que los depredadores de dichos animales aumentaran a su vez, y así sucesivamente a través de la red trófica y, en el sentido contrario, a medida que el ecosistema reverberaba debido a la restricción de su área y la pérdida consiguiente de sus carnívoros culminales.

El mayor desafío en la actualidad, no solo en la biología celular y en la ecología, sino en toda la ciencia, es la descripción precisa y completa de sistemas complejos. Los científicos han descompuesto muchos tipos de sistemas. Piensan que conocen la mayor parte de los elementos y fuerzas. La próxima tarea es ensamblarlos de nuevo, al menos en modelos matemáticos que capten las propiedades clave de los conjuntos completos. El éxito en esta empresa se medirá por el poder que los investigadores adquieran para predecir fenómenos emergentes al pasar de niveles de organización generales a otros más específicos. Este, en los términos más simples, es el gran reto del holismo científico.

Los físicos, cuyo tema de estudio es el más simple en ciencia, ya lo han logrado en parte. Al tratar las partículas individuales como los átomos de nitrógeno como agentes aleatorios, han deducido las pautas que surgen cuando las partículas actúan juntas en grandes conjuntos. La mecánica estadística, que se originó en el siglo XIX con James Clerk Maxwell (que fue asimismo un pionero en la teoría de la radiación electromagnética) y Ludwig Boltzmann, predijo con precisión el comportamiento de los gases a distintas temperaturas mediante la aplicación de la mecánica clásica al gran número de moléculas en movimiento libre que componen los gases. Otros investigadores, al moverse entre estos dos mismos niveles de organización, en otras palabras, entre las moléculas y los gases, fueron posteriormente capaces de definir la viscosidad, la conducción del calor, la transición de fase y otras propiedades macroscópicas en cuanto expresiones de las fuerzas que existen entre las moléculas. En el siguiente nivel inferior, los científicos de la teoría cuántica de principios del siglo XX conectaron el comportamiento colectivo de los electrones y otras partículas subatómicas con la física clásica de los átomos y las moléculas. A través de muchos de tales avances durante el último siglo, la física se ha consolidado en la más exacta de las ciencias.

A niveles de organización superiores, más específicos, más allá del ámbito tradicional de la física, las dificultades de síntesis son más difíciles, casi hasta lo inconcebible. Entidades tales como los organismos y las especies, a diferencia de los electrones y los átomos, son indefinidamente variables. Peor aún, cada uno en particular cambia durante el desarrollo y la evolución. Considérese el siguiente ejemplo: entre el vasto conjunto de moléculas que un organismo puede fabricar para satisfacer sus necesidades, se encuentran hidrocarburos sencillos de la serie del metano, compuestos enteramente de átomos de carbono e hidrógeno. Con un átomo de carbono, solo es posible un único tipo de molécula. Con 10 átomos de carbono, el

número es de 75, con 30 es de 366 319, y con 40 es de 62 billones. Añádanse átomos de oxígeno aquí y allá en las cadenas de hidrocarburos para producir alcoholes, aldehídos y cetonas, y el número aumenta todavía más rápidamente en función del tamaño molecular. Ahora, selecciónense varios subconjuntos e imagínense las múltiples maneras en que pueden ser derivados mediante la fabricación mediada por enzimas, y se tendrá una complejidad potencial que sobrepasa la capacidad de la imaginación de hoy en día.

Se ha dicho que los biólogos padecen envidia de la física. Construyen modelos pseudofísicos que van de lo microscópico a lo macroscópico, pero se les hace difícil casarlos con los sistemas chapuceros que experimentan en el mundo real. No obstante, es fácil seducir a los biólogos teóricos. (Me confieso uno de ellos, y que soy responsable de más fracasos de los que proporcionalmente me corresponden). Armados con refinados conceptos matemáticos y ordenadores de alta velocidad, pueden generar un número ilimitado de predicciones sobre las proteínas, las pluviselvas y otros sistemas complejos. Con el paso a cada nivel superior de organización, necesitan inventarse nuevos algoritmos, que son conjuntos de operaciones matemáticas definidas de manera exacta y dirigidas a la solución de problemas concretos. Y así, mediante procedimientos astutamente elegidos, pueden crear mundos virtuales que evolucionan hacia sistemas mucho más organizados. Mientras vagan a través del laberinto cretense del ciberespacio se topan, de forma inevitable, con la emergencia, la aparición de fenómenos complejos no predecibles a partir únicamente de los elementos y procesos básicos, e inicialmente no concebibles a partir de los algoritmos. ¡Y he aquí que algunas de las producciones se parecen realmente a fenómenos emergentes de los que se encuentran en el mundo real!

Sus esperanzas se elevan. Informan de sus resultados en conferencias de teóricos de parecida mentalidad. Después de unas cuantas objeciones y preguntas, las cabezas se mueven en señal de aprobación: «Sí, original, apasionante e importante… si es que es cierto». Si es que es cierto… si es que es cierto. La *folie de grandeur* es su punto débil, su ilusión, la imagen completa. ¡Están a punto de efectuar un descubrimiento importante! Pero ¿cómo saben que los algoritmos de la naturaleza son los mismos que los suyos, o incluso que se parecen a ellos? Muchos procedimientos pueden ser falsos y, aún así, producir una respuesta aproximadamente correcta. Los biólogos corren un riesgo especial de cometer la falacia de afirmar lo consecuente: es erróneo suponer que porque se obtuvo un resultado correcto mediante una teoría, los pasos que se siguieron para obtenerlo son necesariamente los mismos que existen en el mundo real.

Para ver claramente este punto, piénsese en una flor de una pintura, de la que se ha conseguido un detalle fotográfico y una belleza como la de la planta viva. En nuestra mente, la entidad macroscópica es real porque iguala a las flores reales que surgen del suelo. Desde una cierta distancia, podríamos confundir fácilmente la imagen con la flor real. Pero los algoritmos que la crearon son radicalmente

diferentes. Sus elementos microscópicos son escamitas de pintura en lugar de cromosomas y células. Sus rutas de desarrollo existen en el cerebro del artista, no en la prescripción por el ADN del despliegue de tejidos. ¿Cómo saben los teóricos que sus simulaciones de ordenador no son solo pinturas de flores?

Estas dificultades y otras endémicas de los sistemas superiores no han pasado desapercibidas. Investigadores de diversas disciplinas científicas se han unido para tomar la medida de los problemas, formando una empresa laxa que se ha calificado de manera diversa: complejidad, estudios de la complejidad o teoría de la complejidad. La teoría de la complejidad (la mejor expresión, en mi opinión) puede definirse como la búsqueda de algoritmos usados en la naturaleza que muestran características comunes en muchos niveles de organización. En el peor de los casos, según los impulsores de la teoría de la complejidad, es de esperar que las características comunes proporcionen una guía de explorador para el movimiento más rápido al pasar de sistemas más simples a otros más complejos a través del laberinto del mundo real. Las características comunes ayudarán a podar todos los algoritmos que puedan concebirse hasta dejar aquellos que la naturaleza ha elegido. En el mejor de los casos, estas pueden conducir a nuevas leyes básicas que expliquen la aparición de fenómenos tales como células, ecosistemas y mentes.

En conjunto, los teóricos han centrado su atención en la biología, y ello tiene sentido. Los organismos y sus comunidades son los sistemas más complejos que se conocen. Son, asimismo, autoensamblantes y adaptativos. Los sistemas vivos en general, al construirse desde la molécula a la célula, de aquí al organismo y al ecosistema, exhiben con seguridad cualesquiera leyes profundas de complejidad y emergencia que se encuentran a nuestro alcance.

Le teoría de la complejidad nació en la década de 1970, empezó a tomar impulso en la de 1980 y hacia mediados de la de 1990 se vio envuelta en la controversia. Los temas de disputa son casi tan embrollados como los sistemas que los teóricos esperaban desenredar. Pienso que es posible llegar al quid del asunto, como sigue. A la gran mayoría de científicos, con su mente estrechamente concentrada en fenómenos bien definidos, no les preocupa la teoría de la complejidad. Muchos no han oído todavía hablar de ella. Estos, los no implicados, pueden ser ignorados, a menos que se piense que toda la ciencia contemporánea es un caldero hirviente de discusión. Los que se preocupan por la teoría de la complejidad pueden dividirse en tres campos. El primero comprende una heterogénea dispersión de escépticos. Creen que los cerebros y las pluviselvas son demasiado complicados para que se los pueda reducir nunca a procesos elementales, y mucho menos se los pueda reconstituir de una manera que prediga el conjunto. Algunos de los escépticos dudan de la existencia de leyes básicas de la complejidad, al menos de ninguna que pueda ser comprendida por la mente humana.

En el segundo campo están los defensores fervientes, una banda de audaces teóricos de la complejidad, ejemplificados por Stuart Kauffman (autor de *The Origins*

*of Order*) y Christopher Langton, que trabajan en el Instituto de Santa Fe, en Nuevo México, sede oficiosa del movimiento de la complejidad. Creen no solo que existen leyes básicas, sino que su descubrimiento está en el horizonte cercano. Algunos de los elementos esenciales de las leyes, dicen, ya están surgiendo a partir de teorías matemáticas que usan conceptos exóticos tales como caos, autocriticalidad y paisajes adaptativos. Estas abstracciones sacan claramente a la luz la manera en la que los sistemas complejos podrían construirse, persistir durante un tiempo y después desintegrarse. Sus arquitectos (orientados hacia los ordenadores, absorbidos por las abstracciones, ligeros en historia natural, pesados en transformaciones no lineales) piensan que ya están oliendo el éxito. Creen que potentes simulaciones asistidas por ordenador, que exploran muchos mundos posibles, revelarán los métodos y los principios que se precisan para saltar por encima de la ciencia convencional, incluida la mayor parte de la biología contemporánea, para conseguir un conocimiento global de las producciones superiores del mundo material. Su grial es un conjunto de algoritmos esperanzadores que acelerarán el tránsito desde el átomo al cerebro y al ecosistema, consistentes con la realidad pero que requerirán mucho menos conocimiento objetivo de lo que sería necesario sin los algoritmos.

El tercer grupo de científicos, del que soy un miembro renuente, se ha instalado en posiciones que quedan entre los dos extremos de rechazo y apoyo desenfrenado. Digo renuente, porque me gustaría ser un verdadero creyente: realmente, me impresiona el refinamiento y el ánimo de los teóricos de la complejidad, y mi corazón está con ellos. Pero mi mente no, al menos todavía no. Creo, con muchos otros centristas, que están en el buen camino… pero solo más o menos, quizá, y que todavía están lejos de acercarse al éxito. La duda y la disensión sobre temas importantes ha estallado incluso en sus propias filas. La dificultad básica, para explicar el asunto de manera sencilla, es una insuficiencia de hechos. Los teóricos de la complejidad no tienen todavía información suficiente para llevarse con ellos al ciberespacio. Es evidente que los postulados con los que comienzan necesitan más detalles. Hasta el momento, sus conclusiones son demasiado vagas y generales para ser más que metáforas ridículas, y sus conclusiones abstractas nos dicen muy pocas cosas que sean realmente nuevas.

Tomemos el «borde del caos», uno de los paradigmas de la teoría de la complejidad que con más frecuencia se citan. Comienza con la observación de que en un sistema que contiene un orden interno perfecto, como un cristal, no puede haber ningún cambio ulterior. En el extremo opuesto, en un sistema caótico tal como un líquido en ebullición, hay muy poco orden para cambiar. El sistema que evolucione más rápidamente habrá de situarse entre estos dos, y de manera más precisa en el borde del caos; poseerá orden pero con las partes conectadas de manera suficientemente laxa como para ser alteradas por separado o en grupos pequeños.

Kauffman aplicó el concepto a la evolución de la vida en su modelo NK. N es el número de partes de un organismo, como el número de genes o de aminoácidos, que

contribuyen a su supervivencia y reproducción, y de ahí su representación en las generaciones futuras. K es el número de partes de dicha clase (genes o aminoácidos) en el mismo organismo que afectan a la contribución de cualquiera de las partes. Un gen, por ejemplo, no actúa en solitario para guiar el desarrollo de una célula. Actúa con otros genes, típicamente de una manera complicada. Kauffman señaló que si los genes estuvieran completamente interconectados en sus efectos, siendo K igual a N, no habría evolución, o muy poca, en una población de organismos, porque no se puede cambiar una cosa en la herencia de los organismos sin cambiarlo todo. En el caso completamente opuesto, en el que no hay conexiones entre los genes, de manera que K es igual a cero, la población se encuentra en el caos evolutivo. Si cada gen va por su lado, la población de organismos evoluciona aleatoriamente a través de unas combinaciones posibles de genes casi infinitas, nunca estables en el tiempo evolutivo, nunca asentándose en un tipo adaptativo. Cuando existen conexiones pero son muy pocas (el borde del caos), las poblaciones en evolución pueden asentarse sobre cumbres adaptativas, pero todavía son capaces de evolucionar con una cierta facilidad hacia otros picos adaptativos cercanos. Por ejemplo, una especie de ave podrá pasar de comer semillas a comer insectos; una planta de la sabana podrá adquirir la capacidad de crecer en el desierto. Estar en el borde del caos, razonaba Kauffman, proporciona el mayor grado de evolucionabilidad. Quizá las especies ajustan el número de conexiones con el fin de permanecer en la que es la más fluida de las zonas adaptativas.

Kauffman ha extendido los modelos NK para que sean aplicables a una amplia gama de temas de biología molecular y evolutiva. Sus argumentos, como los de otros teóricos principales de la complejidad, son originales y se dirigen a problemas importantes. La primera vez, suenan bien. Pero en tanto que biólogo evolutivo familiarizado con la genética, he aprendido poco de ellos. Mientras leía con dificultad las ecuaciones de Kauffman y su prosa particularmente ampulosa, me di cuenta de que ya conocía la mayoría de resultados en un contexto distinto. Son esencialmente una reinvención de la rueda, una recreación en un lenguaje nuevo y difícil de principios que la bibliografía general de la biología ya ha destacado. A diferencia de las teorías importantes de la física, las formulaciones NK no cambian los cimientos del pensamiento ni ofrecen predicciones en cantidades medibles. Hasta el momento, no contienen nada que pueda llevarse al campo o al laboratorio.

Esta reacción personal y posiblemente injusta frente a un único ejemplo no es para menospreciar las perspectivas últimas de los teóricos de la complejidad. Algunos de los conceptos elementales que han propuesto, de manera más notable el caos y la geometría fractal, han ayudado a comprender amplios sectores del mundo físico. En ecología, por ejemplo, el biólogo y matemático inglés Robert May ha utilizado ecuaciones diferenciales realistas para derivar pautas de fluctuaciones de población de los tipos que se observan realmente en plantas y animales. A medida que aumenta la tasa de crecimiento de la población, o a medida que el ambiente relaja su control

sobre el crecimiento de la población, el número de individuos pasa de un estado casi estacionario a un ciclo uniforme de aumento y disminución. Después, a medida que la tasa de crecimiento y el control ambiental cambian todavía más, el número de individuos pasa a ciclos complejos con múltiples picos en el tiempo. Finalmente, el número se desliza hacia un régimen caótico, zigzagueando arriba y abajo sin ninguna pauta discernible. La característica más interesante del caos en las poblaciones es que puede producirse a partir de propiedades definidas de manera exacta de organismos reales. Contrariamente a lo que antes se creía, las pautas caóticas no son necesariamente el producto de fuerzas ambientales que actúan aleatoriamente y zarandean a la población arriba y abajo. En este caso y en muchos otros fenómenos físicos complejos, la teoría del caos proporciona un principio de la naturaleza realmente fundamental. Dice que ciertas pautas muy complicadas, aparentemente indescifrables, pueden determinarse mediante pequeños cambios medibles del interior del sistema.

Pero, de nuevo, ¿qué sistemas, qué cambios? Esta es la esencia del problema. Ninguno de los elementos de la teoría de la complejidad posee nada que se parezca a la generalidad y la fidelidad a los detalles objetivos que deseamos en una teoría. Ninguno ha desencadenado una cascada equivalente de innovaciones teóricas y de aplicaciones prácticas. ¿Qué necesita la teoría de la complejidad para tener éxito en biología?

La teoría de la complejidad necesita más información empírica. La biología puede proporcionarla. En marcha durante trescientos años, y después de haberse unido recientemente a la física y la química, la biología es ahora una ciencia madura. Pero puede que sus investigadores no requieran un cuerpo de teoría especial para dominar la complejidad. Han refinado el reduccionismo hasta un arte pleno y han empezado a conseguir síntesis parciales al nivel de las moléculas y de los orgánulos. Aunque las células completas y los organismos están todavía lejos de su alcance, saben que pueden reconstruir algunos de los elementos uno por uno. No prevén ninguna necesidad de abarcar grandes explicaciones como prerrequisito para la creación de vida artificial. Un organismo es una máquina, y las leyes de la física y la química, creen la mayoría, son suficientes para hacer la tarea, si hay suficiente tiempo y financiación para la investigación.

Armar una célula viva será un lanzamiento a la Luna, no una revolución einsteniana de espacio y tiempo. La complejidad de los organismos reales se está desmenuzando con la celeridad suficiente para animar cada semana las páginas de *Nature* y *Science* y drenar la necesidad de una revolución conceptual. Puede producirse una revolución de grandes proporciones, y de golpe, pero las masas de investigadores atareados y bien alimentados no la están esperando en medio de un suspense desesperado.

La máquina que los biólogos han dado a conocer es una creación de una belleza

cautivadora. En su centro se hallan los códigos de ácidos nucleicos, que en un animal vertebrado típico pueden comprender entre 50 000 y 100 000 genes. Cada gen es una hebra de 2000 a 3000 pares de bases (letras genéticas). Entre los pares de bases que componen los genes activos, cada triplete (conjunto de tres) se traduce en un aminoácido. Los productos moleculares finales de los genes, tal como son traducidos hacia el exterior de la célula por decenas de reacciones químicas perfectamente orquestadas, son secuencias de aminoácidos plegados en moléculas gigantes de proteínas. Existen alrededor de 100 000 tipos de proteínas en un animal vertebrado. Si los ácidos nucleicos son los códigos, las proteínas son la sustancia de la vida, y suponen la mitad del peso seco del animal. Dan forma al cuerpo, lo mantienen unido mediante tendones de colágeno, lo hacen moverse mediante músculos, catalizan todas las reacciones químicas que lo animan, transportan oxígeno a todas sus partes, arman el sistema inmune y transportan las señales mediante las cuales el cerebro escruta el ambiente y media el comportamiento.

El papel que una molécula de proteína desempeña está determinado no solo por su estructura primaria, no solo por la secuencia de aminoácidos en su interior, sino también por su forma. La hebra de aminoácidos de cada tipo se pliega sobre sí misma de una manera precisa, arrollada como bramante y arrugada como un pedazo de papel apretado. La molécula total se parece a formas tan variables como las nubes en el cielo. Al mirar tales formas imaginamos fácilmente esferas grumosas, rosquillas, pesas, cabezas de carnero, ángeles con las alas extendidas y sacacorchos.

Los contornos superficiales que resultan son particularmente críticos para la función de las enzimas, las proteínas que catalizan la química del cuerpo. En algún lugar de la superficie está el lugar activo, una bolsa o surco constituido por unos pocos aminoácidos, que se mantienen en su sitio por la arquitectura de los aminoácidos restantes. Solo moléculas de sustrato de una forma muy específica pueden encajar en el lugar activo y someterse a catálisis. Tan pronto como una se acopla en las alineaciones correctas, su lugar activo cambia ligeramente de forma. Las dos moléculas se enlazan más estrechamente, como manos que se encajan para saludarse. En un instante la molécula de sustrato cambia químicamente y es liberada. Por ejemplo, en el abrazo de la enzima sacarasa, la sacarosa se escinde en fructosa y glucosa. Con igual celeridad, el lugar activo de la molécula de la enzima retorna a su forma original, con su estructura química inalterada. La productividad de la mayoría de tipos de moléculas enzimáticas, que pasan de golpe al estado activo o salen de él, es prodigiosa. Una sola de ellas puede procesar mil moléculas de sustrato por segundo.

¿Cómo colocar en una imagen coherente todos estos componentes nanométricos y reacciones de milisegundos? Los biólogos están determinados a hacerlo desde la base hacia arriba, molécula a molécula y ruta metabólica a ruta metabólica. Han empezado a ensamblar los datos y las herramientas matemáticas necesarias para modelar una célula completa. Cuando lo consigan, habrán llegado asimismo al nivel de los

organismos completos sencillos, las bacterias, las arqueas y las protistas, todos ellos unicelulares.

La mayoría de biólogos está a favor de modelos de nivel intermedio en su teoría de la integración celular: ni primariamente matemáticos ni puramente descriptivos, sino cargados con grandes cantidades de información empírica y concebidos como redes genéticas. Dos de los investigadores, William Loomis y Paul Sternberg, han captado con precisión la esencia de este enfoque de los últimos avances, como sigue:

> Los nodos de tales redes son genes o su ARN y sus productos proteínicos. Las conexiones son las interacciones reguladoras y físicas entre los ARN, las proteínas y las secuencias de ADN cis-regulador de cada gen. Las técnicas modernas de la genética molecular han aumentado mucho la tasa a la que se reconocen los genes y se determinan sus secuencias primarias. El reto es conectar los genes y sus productos en rutas, circuitos y redes funcionales. Los análisis de las redes reguladoras (como las que implican transducción de señales y cascadas de regulación transcripcional) ilustran la acción combinatoria que pone en práctica, por ejemplo, la lógica digital, las conversiones analógico-digitales, las interferencias y el aislamiento, y la integración de señales. Aunque décadas de estudios fisiológicos han sugerido la existencia de elementos refinados de la red, lo que es nuevo es la escala y el detalle de los componentes de que ahora se dispone. Gran parte de la biología molecular actual se centra en la identificación de nuevos componentes, la definición de las entradas y salidas reguladoras de cada nodo, y el establecimiento de las rutas relevantes desde el punto de vista fisiológico.

La complejidad concebida en este único párrafo supera la que hay en los superordenadores, los vehículos espaciales de un millón de piezas y todos los demás artefactos de la tecnología humana. ¿Lograrán explicarla los científicos, y en un sistema microscópico, por añadidura? La respuesta es, sin duda, *sí*. Sí, por razones sociales, si no otras. Se ha encargado a los científicos que venzan el cáncer, las enfermedades genéticas y las infecciones víricas, todos los cuales son trastornos celulares, y reciben una financiación millonaria para conseguir tales misiones. Saben aproximadamente la manera de alcanzar los objetivos que el público demanda, y no fracasarán. La ciencia, al igual que el arte, como ha ocurrido siempre a lo largo de la historia, sigue al mecenazgo.

La instrumentación, que mejora con rapidez, permite ya a los biólogos sondear el interior de células vivas e inspeccionar directamente la arquitectura molecular. Están descubriendo algunas de las llanezas mediante las que se organizan los sistemas adaptativos. Entre las más notables de tales simplicidades están las reglas que se usan para doblar las flexuosas hebras de aminoácidos en formas útiles de moléculas de proteínas, y los dispositivos de filtrado capacitados por los que las membranas admiten que sustancias seleccionadas entren y salgan de la célula y de los orgánulos. Los científicos están adquiriendo asimismo la capacidad computacional necesaria para simular estos procesos y otros incluso más complejos. En 1995, un equipo americano que utilizaba dos ordenadores modelo Intel conectados estableció un récord mundial de velocidad de 281 000 millones de cálculos por segundo. El programa federal de Estados Unidos de alto rendimiento ha elevado el objetivo a un billón de operaciones por segundo a finales del siglo. Hacia el año 2020 pueden ser posibles los petatrituradores[18], capaces de alcanzar mil billones de operaciones por

segundo, aunque se necesitarán nuevas tecnologías y métodos de programación para alcanzar dicho nivel. Llegados a este punto, ha de ser posible la simulación a fuerza bruta de la mecánica de la célula, siguiendo la pista de todas las moléculas activas y de su red de interacciones, aun sin los principios simplificadores que se atisban en la teoría de la complejidad.

Los científicos prevén asimismo prontas soluciones al autoensamblaje de células acabadas en tejidos, y en organismos pluricelulares completos. En 1994, los editores de *Science*, que celebraban la inauguración de la biología del desarrollo por parte de Wilhelm Roux un siglo antes, preguntaron a un centenar de investigadores contemporáneos de este campo que identificaran lo que consideraran las cuestiones cruciales no resueltas de la disciplina. Sus respuestas, ordenadas por la importancia que se les atribuía, fueron:

1. Los mecanismos moleculares del desarrollo de tejidos y órganos.
2. La conexión entre desarrollo y evolución genética.
3. Los pasos por los que las células se ven consignadas a un destino concreto.
4. El papel de la señalización de célula a célula en el desarrollo de los tejidos.
5. El autoensamblaje de los modelos tisulares en el embrión temprano.
6. La manera en que las neuronas establecen sus conexiones específicas para crear la médula espinal y el cerebro.
7. Los medios por los que las células eligen dividirse y morir en el modelado de tejidos y órganos.
8. Los pasos por los que los procesos que controlan la transcripción (la transmisión de información del ADN al interior de la célula) afectan a la diferenciación de tejidos y órganos.

Es notable señalar que los biólogos consideraron que la investigación en todos estos temas se encontraba en un estado de avance rápido, y que en al menos algunos de ellos se estaba muy cerca de obtener éxitos parciales.

Supongamos que a principios del próximo siglo las esperanzas de los biólogos moleculares y celulares se cumplen totalmente. Supongamos, además, que los investigadores tienen éxito en descomponer una célula humana en todas sus partes, siguen la pista al proceso y modelan con precisión el sistema entero, desde las moléculas hacia arriba. Y supongamos, finalmente, que los biólogos del desarrollo, que se centran en los tejidos y los órganos, gozan de un éxito similar. Entonces, todo estará preparado para el asalto final a los sistemas todavía más complejos de la mente y el comportamiento. Son, después de todo, productos de los mismísimos tipos de moléculas, tejidos y órganos.

Veamos cómo podría adquirirse esta capacidad de explicación. Con la compleción

de una buena aproximación de los procesos orgánicos en unas pocas especies, será posible inferir de qué manera la vida se reproduce y se mantiene en un número indefinido de otras especies. Con tal expansión de la biología holística comparada, se podrá trazar un cuadro de la vida tal como es hoy en día, como era asimismo en los estadios más iniciales de su evolución y como podría ser en otros planetas con ambientes distintos pero habitables. Al considerar los ambientes habitables habremos de ser liberales, teniendo presente que hay algas que crecen en el interior de rocas en la Antártida y que hay microorganismos que medran en el agua hirviente de las fumarolas termales de los fondos abisales del océano.

Bien pudiera ser que en algún punto surjan principios profundos y potentes de la complejidad a partir del gran conjunto de simulaciones. Revelarán los algoritmos que se conservan a lo largo de muchos niveles de organización, hasta los sistemas más complejos que se puedan concebir. Dichos sistemas serán autoensamblados, sostenibles y constantemente cambiantes, pero se reproducirán perfectamente. En otras palabras, serán organismos vivos.

En este momento, si llega, y creo que llegará, tendremos una verdadera teoría de la biología, en oposición a las densas descripciones de procesos vivos concretos que ahora constituyen la ciencia. Sus principios acelerarán las pesquisas en la mente, el comportamiento y los ecosistemas, que son productos de los organismos y, en virtud de su extrema complejidad, constituyen el reto final.

De modo que las cuestiones importantes son, en primer lugar, ¿existen principios generales de organización que permitan reconstituir completamente a un organismo vivo sin recurrir a la simulación de fuerza bruta de todas sus moléculas y átomos? Segundo, ¿serán de aplicación los mismos principios a la mente, el comportamiento y los ecosistemas? Tercero, ¿existe un cuerpo de matemáticas que sirva como lenguaje natural para la biología, paralelo al que tan bien funciona para la física? Cuarto, aunque se descubran los principios correctos, ¿cuán detallada ha de ser la información objetiva para poder usar dichos principios en los modelos deseados? En todos estos temas, hoy en día vemos como a través de un cristal, misteriosamente. Con el tiempo, para completar la alusión bíblica, nos encontraremos cara a cara con todo ello… y quizá lo veremos claramente. En cualquier caso, la búsqueda de respuestas pondrá a prueba todos los poderes del intelecto humano.

# CAPÍTULO 6

# La mente

La creencia en la unidad intrínseca del conocimiento (la realidad del laberinto) cabalga en último término sobre la hipótesis de que cualquier proceso mental tiene un fundamento físico y es consistente con las ciencias naturales. La mente es sumamente importante para el programa de consiliencia por una razón a la vez elemental y perturbadoramente profunda: todo lo que conocemos y podremos llegar a conocer acerca de la existencia se crea allí.

Al principio puede parecer que las formas más elevadas de tal reflexión y creencia se encuentren en el ámbito de la filosofía, no de la ciencia. Pero la historia demuestra que la lógica lanzada únicamente desde la introspección carece de impulso, puede viajar solo hasta una cierta distancia, y por lo general toma la dirección equivocada. Gran parte de la historia de la filosofía moderna, desde Descartes y Kant en adelante, consiste en modelos del cerebro que fracasaron. Tal deficiencia no es culpa de los filósofos, que han llevado de manera obstinada sus métodos hasta el límite, sino una consecuencia directa de la evolución biológica del cerebro. Todo lo que se ha aprendido de manera empírica acerca de la evolución, en general, y del proceso mental, en particular, sugiere que el cerebro es una máquina ensamblada no para comprenderse a sí misma, sino para sobrevivir. Puesto que estos dos objetivos son básicamente distintos, el cerebro, sin la ayuda del conocimiento objetivo que le suministran las ciencias, ve el mundo solo en pequeños fragmentos. Ilumina con un proyector aquellas porciones del mundo que ha de conocer con el fin de vivir hasta el día siguiente, y entrega el resto a la oscuridad. Durante miles de generaciones, las gentes vivieron y se reprodujeron sin necesidad de saber cómo funciona la maquinaria del cerebro. El mito y el autoengaño, la identidad tribal y el ritual, más que la verdad objetiva, les concedieron la ventaja adaptativa.

Esta es la razón por la que, incluso en la actualidad, las personas saben más cosas sobre sus automóviles que sobre su propia mente; y la razón por la que la explicación fundamental de la mente es una búsqueda empírica, y no filosófica o religiosa. Requiere un viaje al interior de la mente dejando atrás las ideas preconcebidas. Hay que barrenar los barcos que nos trajeron hasta aquí, y dejarlos quemándose en la costa.

El cerebro es una masa de tejido blanco y gris, con la forma de un casco, del tamaño aproximado de un pomelo, con un volumen de entre 1000 y 2000 centímetros cúbicos y que, por término medio, pesa 1,5 kilogramos (el cerebro de Einstein, por ejemplo,

pesaba 1,250 kilogramos). Su superficie está arrugada como la de una esponja de limpiar, y su consistencia es como la de un flan: lo suficientemente firme para no derramarse sobre el suelo de la caja craneana, lo suficientemente blanda para ser excavada con una cuchara.

El verdadero significado del cerebro está escondido en su detalle microscópico. Su masa esponjosa es un sistema cableado de manera intrincada de alrededor de cien mil millones de neuronas, cada una de las cuales mide unas pocas millonésimas de metro de diámetro y está conectada a otras neuronas mediante cientos o miles de terminales. Si pudiéramos reducir nuestro tamaño al de una bacteria y explorar a pie el interior del cerebro, como los filósofos han imaginado desde Leibniz en 1713, eventualmente podríamos conseguir cartografiar todas las neuronas y seguir la pista de todos los circuitos eléctricos. Pero con eso nunca podríamos comprender el conjunto. Se necesita mucha más información. Necesitamos saber qué significan las pautas eléctricas, cómo se ensamblaron los circuitos y, lo que es más intrigante de todo, con qué propósito.

Lo que sabemos de la herencia y desarrollo del cerebro demuestra que son complicados casi hasta lo inimaginable. La base de datos del genoma humano acumulada hasta 1995 revela que la estructura del cerebro está dictada por al menos 3195 genes distintivos, el 50% más que los de cualquier otro órgano o tejido (se estima que el número total de genes en el genoma humano completo es de entre 50 000 y 100 000). Los procesos moleculares que guían el crecimiento de las neuronas hasta los lugares que les están asignados apenas han empezado a ser descifrados. En conjunto, el cerebro humano es el más complejo de los objetos que se conocen en el universo; es decir, conocido por sí mismo.

Mediante evolución ascendió hasta su forma presente de forma rápida, incluso en relación con las pautas del ritmo generalmente acelerado de la filogenia de los mamíferos, que es evidente en el registro fósil. A lo largo de tres millones de años, desde los monos-hombre ancestrales de África hasta el más primitivo de los *Homo sapiens* anatómicamente modernos, que vivieron hace unos 200 000 años, el cerebro aumentó cuatro veces su volumen. Gran parte del crecimiento tuvo lugar en la neocorteza, la sede de las funciones superiores de la mente, que incluyen, en especial, el lenguaje y su producto basado en símbolos, la cultura.

El resultado fue la capacidad de tomar posesión del planeta. Los seres humanos avanzados, con su gran cráneo esférico bamboleándose precariamente sobre frágiles tallos de vértebras cervicales compactadas, caminaron, remaron y navegaron desde África hasta Europa y Asia, y desde allí a todos los restantes continentes y grandes archipiélagos, con excepción de la inhabitable Antártida. Hacia el año 1000 d. C. habían alcanzado las islas más exteriores de los océanos Pacífico e Índico. Solo un puñado de remotas islas del centro del Atlántico, entre ellas Santa Elena y las Azores, permanecieron prístinas durante unos cuantos siglos más.

Debo reconocer que, en la actualidad, no está de moda en los círculos académicos

hablar de progreso evolutivo. Lo *cual es un motivo adicional para hacerlo*. En realidad, el dilema que tanta tinta ha consumido puede evaporarse con una única distinción semántica. Si por progreso entendemos el avance hacia un objetivo predeterminado, tal como el compuesto a propósito en la mente humana, entonces la evolución mediante selección natural, que no tiene objetivos preestablecidos, no es progreso. Pero si queremos decir la producción a través del tiempo de organismos y sociedades cada vez más complejos y controladores, al menos en algunos linajes de descendencia, siendo la regresión siempre una posibilidad, entonces el progreso evolutivo es una realidad evidente. En este segundo sentido, la consecución humana de la inteligencia superior y de la cultura figura como la última de las cuatro grandes fases en la historia global de la vida. Una siguió a la otra a intervalos de aproximadamente mil millones de años. La primera fue el inicio de la propia vida, en la forma de organismos sencillos, parecidos a bacterias. Después vino el origen de la compleja célula eucariota a través del ensamblaje del núcleo y de otros orgánulos encerrados en membranas en una unidad ajustadamente organizada. Al disponer del bloque de construcción eucariota, el siguiente avance fue el origen de animales pluricelulares grandes, tales como crustáceos y moluscos, cuyos movimientos estaban guiados por órganos de los sentidos y un sistema nervioso central. Finalmente, para aflicción de la mayoría de formas de vida preexistentes, llegó la humanidad.

Prácticamente todos los científicos y filósofos contemporáneos expertos en el tema están de acuerdo en que la mente, que comprende la consciencia y los procesos racionales, es el cerebro en acción. Han rechazado el dualismo mente-cerebro de René Descartes, quien en sus *Meditationes* (1642) llegaba a la conclusión de que «por el poder divino la mente puede existir sin el cuerpo, y el cuerpo sin la mente». Según el gran filósofo, la mente incorpórea, y con ella el alma inmortal, residen en algún lugar del cuerpo corpóreo y mortal. Su localización, sugería, pudiera ser la glándula pineal, un diminuto órgano localizado en la base del cerebro. En este modelo neurobiológico primitivo, el cerebro recibe información procedente de todo el cuerpo y la suministra al centro de operaciones pineal, donde de alguna manera es traducida en pensamiento consciente. El dualismo era compatible con la filosofía y la ciencia de la época de Descartes, al apelar como lo hacía a la explicación materialista del universo, al tiempo que seguía siendo piadoso sin arriesgarse. De una forma u otra, ha persistido hasta finales del siglo XX.

Actualmente se han sondeado el cerebro y sus glándulas satélites hasta el punto de que no queda ningún lugar concreto en el que se pueda suponer razonablemente que albergue una mente no física. Por ejemplo, se sabe que la glándula pineal segrega la hormona melatonina y que ayuda a la regulación del reloj biológico y de los ritmos diarios del cuerpo. Pero aunque por fin se está abandonando completamente el dualismo mente-cuerpo, en la década de 1990 los científicos siguen sin estar seguros acerca de la base material precisa de la mente. Algunos están convencidos de que la

experiencia consciente tiene propiedades físicas y biológicas únicas que aún no han sido descubiertas. Unos cuantos de ellos, a los que sus colegas llaman socarronamente los misterianos, creen que la experiencia consciente es demasiado extraña, demasiado compleja, o ambas cosas a la vez, para que lleguemos nunca a comprenderla.

Sin duda, la dificultad trascendente del tema inspira este tipo de negativa. Hasta 1970 los científicos pensaban que el concepto de la mente era una materia que era mejor dejar a los filósofos. En la actualidad, el asunto ha sido situado allí donde le toca, en la confluencia de la biología y la psicología. Con la ayuda de técnicas nuevas y potentes, los investigadores han cambiado el marco del discurso a una nueva manera de pensar, expresada en el lenguaje de las neuronas, los neurotransmisores, las oleadas de hormonas y las redes neurales recurrentes.

El filo cortante de esta empresa es la neurociencia cognitiva, conocida también, y de manera más popular, como ciencias del cerebro, una alianza formada por neurobiólogos, psicólogos cognitivos y una nueva escuela de filósofos partidarios del conocimiento empírico a los que se suele denominar neurofilósofos. Sus informes de investigación se envían semanalmente a publicaciones científicas de primera línea, y sus teorías y desavenencias apasionadas llenan las páginas de revistas abiertas al debate, tales como *Behavioral and Brain Sciences*. Muchos de los libros y artículos populares que escriben figuran entre los mejores en la exposición de la ciencia contemporánea.

Tales rasgos son el sello distintivo del período heroico, o período romántico como a veces se le denomina, que experimenta toda disciplina científica de éxito durante su juventud. Durante un intervalo relativamente breve, por lo general una década o dos, raramente más de medio siglo, los científicos se intoxican con una mezcla de lo que se acaba de descubrir y de lo desconocido que se puede imaginar. Por primera vez, las preguntas realmente importantes se formulan de forma que puedan contestarse, así: ¿*cuáles son los acontecimientos celulares que componen la mente*? No que crean la mente (demasiado vaga, esta expresión), sino que la componen. Los pioneros son cazadores paradigmáticos. Son gente que se arriesga, que compite con teóricos rivales por premios gordos y están dispuestos a soportar penosos retrocesos. Pueden compararse a los exploradores del siglo XVI, quienes, habiendo descubierto una nueva costa, penetraban en los ríos hasta donde podían, trazaban toscos mapas y regresaban a casa para implorar más fondos para seguir las expediciones. Y los patronos gubernamentales y privados de los científicos del cerebro, como las comisiones geográficas reales de siglos pasados, son generosos. Saben que se puede hacer historia con un simple avistamiento de la costa, tras de la cual se encuentra tierra virgen y los futuros contornos del imperio.

Llámese occidental a este impulso, si se quiere, llámeselo androcéntrico, y por supuesto rechácese como colonialista si se piensa que así hay que hacerlo. En cambio, yo creo que es básico de la naturaleza humana. Sea cual sea su origen, el

impulso guía los avances científicos importantes. Durante mi carrera he tenido el privilegio de ser testigo cercano de los períodos heroicos de la biología molecular, la tectónica de placas en geología y la síntesis moderna de la biología evolutiva. Ahora le toca el turno a las ciencias del cerebro.

Los primeros cimientos para la revolución los establecieron los médicos en el siglo XIX, al advertir que las lesiones de determinadas partes del cerebro resultan en determinados tipos de incapacidades. Quizá el caso más famoso fue el de Phineas P. Gage, que en 1848 era un joven capataz de construcción a cargo de una cuadrilla que instalaba las vías del ferrocarril a través de Vermont. Parte de la tarea consistía en hacer saltar mediante barrenos los afloramientos rocosos, con el fin de enderezar las curvas de la trayectoria que iba avanzando. Mientras Gage atacaba la pólvora en un agujero recién barrenado, una explosión prematura lanzó la barra de hierro de atacar, como un misil, hacia su cabeza. Entró por su mejilla izquierda y salió por la parte superior del cráneo, llevándose con ella una buena parte del lóbulo prefrontal de su corteza cerebral, y después siguió una trayectoria arqueada de más de 30 metros antes de caer al suelo. Gage cayó al suelo, todavía milagrosamente vivo. Para sorpresa de todos, a los diez minutos pudo sentarse. Nunca perdió la consciencia. «Prodigioso accidente» fue después el titular del *Vermont Mercury*. Con el tiempo sus heridas externas curaron, y conservó la capacidad de hablar y razonar. Pero su personalidad había cambiado de manera drástica. Mientras que antes había sido alegre, responsable y bien educado, un empleado apreciado del Rutland & Burlington Railroad, ahora era un mentiroso habitual, poco serio en el trabajo y dado al comportamiento vagabundo y autodestructivo. A lo largo de muchos años, el estudio de otros pacientes con lesiones en la misma parte del cerebro ha confirmado la conclusión general que sugería la desgracia de Gage: el lóbulo prefrontal alberga centros importantes para la iniciativa y el equilibrio emocional.

Durante dos siglos los archivos médicos se han llenado con tales anécdotas sobre los efectos de lesiones cerebrales localizadas. Los datos han hecho posible que los neurólogos compongan un mapa de las funciones que realizan las diferentes partes de cerebro. Las lesiones, que se dan en todo el cerebro, incluyen traumas físicos, ataques apopléticos, tumores, infecciones y envenenamiento. Varían en extensión desde puntos precisos apenas detectables hasta supresiones y resecciones de grandes porciones del cerebro. En función de la localización y de la magnitud, tienen efectos múltiples sobre el pensamiento y la conducta.

El más célebre de los casos recientes es el de Karen Ann Quinlan. El 4 de abril de 1975, esta joven de Nueva Jersey cometió el error de beber ginebra después de haber tomado el tranquilizante Valium y el antidoloroso Darvon. Aunque esta combinación no parece peligrosa, esencialmente fue lo que mató a Karen Ann Quinlan. Entró en un coma que duró hasta su muerte, debida a infecciones generalizadas, diez años después. La autopsia reveló que su cerebro estaba en gran parte intacto, lo que

explica por qué su cuerpo sobrevivió e incluso continuó su ciclo diario de vigilia y sueño. Siguió viviendo aun cuando sus padres dispusieron, en medio de una controversia nacional, que se le retirara la respiración asistida. La autopsia reveló que la lesión cerebral de Quinlan era local, pero muy grave: el tálamo se había obliterado como si hubiera sido quemado con un láser. Se desconoce por qué se deterioró este centro concreto. Un cerebro lesionado por un fuerte golpe o por determinadas formas de veneno suele responder mediante una hinchazón generalizada. Si la reacción es intensa, presiona sobre centros que controlan el latido cardíaco y la respiración, lo que cierra la circulación sanguínea y termina pronto con la muerte de todo el cuerpo.

El resultado de la escisión únicamente del tálamo es la muerte cerebral, o, más exactamente, la muerte mental. El tálamo comprende un par de masas oviformes de neuronas cerca del centro del cerebro. Funciona como un centro de relés a través del cual toda la información sensorial, excepto la olfativa, se transmite a la corteza cerebral, y por lo tanto a la mente consciente. Incluso los sueños son desencadenados por impulsos que pasan a través de circuitos talámicos. El accidente de los fármacos de Quinlan fue el equivalente a la explosión de una central energética: todas las luces situadas a lo largo de la línea se apagaron, y la joven entró en un sueño del que no tenía ninguna posibilidad de despertarse. Su corteza cerebral siguió viviendo, a la espera de ser activada. Pero la consciencia, incluso en sueños, ya no era posible.

Este tipo de investigación sobre las lesiones cerebrales, aunque resulta enormemente informativo, depende no obstante de la casualidad. A lo largo de los años ha mejorado mucho mediante la cirugía cerebral experimental. Los neurocirujanos mantienen de forma rutinaria a sus pacientes despiertos para comprobar su respuesta a la estimulación eléctrica de la corteza, con el fin de localizar el tejido sano y evitar extirparlo. El procedimiento no es desagradable: aunque el tejido sanguíneo procesa impulsos procedentes de todo el cuerpo, carece de receptores propios. En lugar de dolor, las sondas que se desplazan evocan una mezcla de sensaciones y contracciones musculares. Cuando son estimulados determinados lugares de la superficie de la corteza, los pacientes experimentan imágenes, melodías, sonidos incoherentes y un cúmulo de otras impresiones. A veces mueven involuntariamente los dedos y otras partes del cuerpo.

Desde el inicio de los experimentos en cirugía cerebral de Wilder Penfield y otros pioneros en las décadas de 1920 y 1930, los investigadores han cartografiado las funciones sensoriales y motoras sobre todas las partes de la corteza cerebral. Sin embargo, el método está limitado en dos aspectos importantes. No es fácil extenderlo por debajo de la corteza en las oscuras regiones inferiores del cerebro, y no puede utilizarse para observar la actividad neural a lo largo del tiempo. Para alcanzar tales objetivos (para crear películas del cerebro entero en acción) los científicos han adoptado una amplia gama de técnicas refinadas, tomadas de la física y de la química. Desde su inicio en la década de 1970, la imaginería cerebral, como se llama de forma colectiva a estos métodos, ha seguido una trayectoria similar a la de la microscopía,

hacia una resolución cada vez más fina en instantáneas separadas por intervalos cada vez menores de tiempo. Los científicos esperan que, eventualmente, podrán hacer el seguimiento de la actividad de redes enteras de neuronas individuales, tanto de manera continua como en todo el cerebro vivo.

Hay que admitir que la maquinaria del cerebro sigue siendo ominosamente ajena, y los científicos han reseguido solo una minúscula fracción de su circuitería. Aún así, se conocen las principales características anatómicas del cerebro, y se ha aprendido muchísimo acerca de sus variadas funciones. Antes de ocuparnos de la naturaleza de la mente en cuanto producto de tales operaciones, quiero proporcionar una rápida ojeada a los fundamentos físicos.

La manera más segura de comprender la complejidad del cerebro, como en cualquier otro sistema biológico, es pensar en ella como un problema de ingeniería. ¿Cuáles son los principios generales que se necesitan para crear un cerebro partiendo de cero? Ya se trate de algo inventado a partir de una planificación previa o mediante la selección natural ciega, cabe esperar que los rasgos clave de la arquitectura sean predecibles en términos generales. Los investigadores de la biomecánica han descubierto, una y otra vez, que las estructuras orgánicas que han evolucionado mediante selección natural se ajustan a unos elevados niveles de eficiencia cuando se juzgan mediante criterios ingenieriles. Y a un nivel más microscópico, los bioquímicos se maravillan de la exactitud y potencia de las moléculas de enzimas que controlan las acciones de las células. Como los molinos de Dios, los procesos de la evolución muelen lentamente; pero, como dijo el poeta[19], muelen sumamente fino.

De manera que, extendamos las hojas de especificaciones y consideremos el cerebro como una solución a una serie de problemas físicos. Es mejor empezar con la geometría simple. Puesto que se precisa una enorme cantidad de circuitería, y los elementos de cableado han de construirse a partir de células vivas, ha de fabricarse una masa relativamente enorme de tejido nuevo y ha de alojarse en la caja craneana. La caja craneana ideal será esférica o aproximadamente esférica. Una razón obligada es que una esfera es la forma geométrica que posee la menor superficie en relación al volumen, de manera que proporciona el menor acceso a su vulnerable interior. Otra razón es que una esfera permite poner muy juntos muchos más circuitos. De este modo, puede minimizarse la longitud media de los circuitos, aumentando la velocidad de transmisión al tiempo que se reduce el coste energético para su construcción y mantenimiento.

Puesto que las unidades básicas del cerebro-máquina han de estar hechas de células, es mejor alargar estos elementos en formas como hilos que sirvan a la vez como estaciones receptoras y cables coaxiales. Las células con esta doble finalidad que ha creado la evolución son en realidad las neuronas, también llamadas células nerviosas o fibras nerviosas. Es asimismo práctico diseñar las neuronas de manera que su cuerpo principal sirva como lugar de recepción de los impulsos procedentes de

otras células. Las neuronas pueden enviar sus propias señales a lo largo de los axones, extensiones en forma de cable del cuerpo celular.

Para conseguir velocidad, hagamos que la transmisión sea una descarga eléctrica por despolarización de la membrana celular. Entonces se dice que las neuronas «disparan». Para conseguir precisión durante el disparo neuronal, rodeemos los axones con vainas aislantes. De hecho, estas existen en forma de membranas grasas de mielina que en su conjunto confieren al cerebro su color claro.

Para conseguir un nivel superior de integración, el cerebro tiene que estar conectado de manera muy intrincada y muy precisa. De nuevo, dado que sus elementos son células vivas, es mejor multiplicar el número de conexiones neuronales mediante el crecimiento de extensiones filiformes desde la punta del axón, que se extienden y transmiten individualmente a los cuerpos de otras muchas células. La descarga del axón viaja hasta estas extensiones terminales múltiples, hasta los extremos de las mismas, que entonces hacen contacto con las células receptoras. Las células receptoras aceptan algunas de las terminaciones de las ramas terminales sobre la superficie de su cuerpo celular principal. Aceptan otras terminaciones sobre sus dendritas, que son ramas filiformes de receptores que surgen del cuerpo celular.

Visualicemos ahora toda la célula nerviosa como un calamar en miniatura. Del cuerpo surge un grupo de tentáculos (las dendritas). Un tentáculo (el axón) es mucho más largo que los demás, y de su punta surgen más tentáculos. El mensaje es recibido en el cuerpo y en los tentáculos cortos del calamar y viaja a lo largo del tentáculo largo hasta otros calamares. El cerebro comprende el equivalente de cien mil millones de calamares interconectados.

Las conexiones entre célula y célula (más exactamente, los puntos de conexión y los espacios ultramicroscópicos que los separan) se denominan sinapsis. Cuando una descarga eléctrica alcanza una sinapsis, induce al extremo de la rama terminal a que descargue un neurotransmisor, una sustancia química que, o bien excita una descarga eléctrica en la célula receptora, o bien evita que se produzca una descarga. Cada neurona envía señales a cientos o miles de otras neuronas a través de las sinapsis que posee al final de su axón, y recibe las entradas de una miríada similar de sinapsis en su cuerpo celular principal y en sus dendritas. En cada instante, una neurona dispara un impulso a lo largo de su axón a otras células o bien permanece silenciosa. Cuál de las dos respuestas realice dependerá de la suma de las neurotransmisiones recibidas desde todas las células que le suministran estímulos.

La actividad del cerebro en su conjunto, y con ello la vigilia y la disposición de ánimo que experimenta la mente consciente, se ve profundamente afectada por los niveles de los neurotransmisores que bañan sus billones de sinapsis. Entre los neurotransmisores más importantes están la acetilcolina y las aminas norepinefrina, serotonina y dopamina. Otros incluyen el aminoácido GABA (ácido gamma aminobutírico) y, sorprendentemente, el gas elemental óxido nitroso. Algunos neurotransmisores excitan las neuronas con las que contactan, mientras que otros las

inhiben. Otros, todavía, pueden ejercer su efecto dependiendo de la localización del circuito en el sistema nervioso.

Durante el desarrollo del sistema nervioso en el feto y en el niño, las neuronas extienden sus axones y dendritas en el ambiente celular, como tentáculos de calamares que crecieran. Las conexiones que efectúan están programadas de forma precisa y son guiadas hasta su destino mediante señales químicas. Una vez en su lugar, cada neurona está en equilibrio para desempeñar un papel especial en la transmisión de señales. Su axón puede extenderse solo unas pocas millonésimas de metro, o bien miles de veces más. Sus dendritas y ramas terminales del axón pueden tomar formas muy variadas, y se parecen, por ejemplo, a la copa sin hojas de un árbol en invierno o a una densa estera, como de fieltro. Al poseer la estética inherente a la función pura, y al captar nuestra atención, nos invitan a imaginar su poder. En referencia a ellas, Santiago Ramón y Cajal, el gran histólogo español, escribió acerca de su propia experiencia, después de recibir el Premio Nobel de 1906 por sus investigaciones sobre el tema: «Como el entomólogo que persigue mariposas de brillantes colores, mi atención cazaba, en el jardín de flores de la materia gris, células con formas delicadas y elegantes, las misteriosas mariposas del alma, los latidos de cuyas alas pueden algún día (¿quién sabe?) clarificar el secreto de la vida mental».

El significado de la forma de las neuronas, que tanto gusta al biólogo, es este: los sistemas de neuronas son redes dirigidas, que reciben y transmiten señales. Intercambian información con otros complejos para formar sistemas de sistemas, en algunos lugares formando un círculo, como una serpiente que se muerde la cola, para crear circuitos reverberantes. Cada neurona es tocada por las ramas terminales de los axones de muchas otras neuronas, y se establece, mediante una especie de voto democrático, si tiene que estar activa o silenciosa. Utilizando un código parecido al Morse de disparos entrecortados, la neurona envía sus propios mensajes a otras neuronas. El número de conexiones que hace la célula, su pauta de expansión y el código que utiliza determinan el papel que la neurona desempeña en la actividad global del cerebro.

Completemos ahora la metáfora ingenieril. Cuando uno se dispone a diseñar un cerebro de homínido, es importante observar otro principio del diseño óptimo: la transferencia de información mejora cuando los circuitos de neuronas que cumplen funciones especializadas se colocan juntos, en grupos. Ejemplos de tales agregados en el cerebro real son las estaciones de relevo sensoriales, los centros de integración, los módulos de memoria y los centros de control emocional que hasta hoy día han identificado los neurobiólogos. Los cuerpos neuronales se agrupan en conjuntos planos denominados capas y en conjuntos redondeados llamados núcleos. La mayoría se coloca en la superficie del cerebro o cerca de la misma. Están interconectados mediante sus propios axones y mediante neuronas intermedias que se extienden hasta los tejidos más profundos del cerebro. Un resultado es el color gris o pardo claro de la superficie, debido al cúmulo de cuerpos neuronales (la «materia gris» del cerebro), y

el color blanco de las vainas de mielina de los axones del interior del cerebro.

Los seres humanos pueden poseer el cerebro más voluminoso en proporción al tamaño corporal de cualquier especie de animal grande que haya vivido jamás. Para una especie de primate, es evidente que el cerebro humano está en el límite físico, o cerca del mismo. Si fuera mucho mayor en el recién nacido, el paso del cráneo que lo protege a través del canal del parto sería peligroso tanto para la madre como para el hijo. Incluso el tamaño del cerebro adulto es peligroso desde el punto de vista mecánico: la cabeza es un globo frágil e internamente licuescente, en equilibrio sobre un delicado eje de hueso y músculo, en cuyo interior el cerebro es vulnerable y la mente se puede aturdir o incapacitar con frecuencia. Los seres humanos tienen una disposición innata a evitar el contacto físico violento. Puesto que a lo largo de la evolución nuestros antepasados trocaron la fuerza bruta por la inteligencia, ya no necesitamos agarrar y desgarrar a los enemigos con mandíbulas provistas de colmillos.

Dado este límite intrínseco al volumen cerebral, hay que encontrar alguna manera de encajar en él los bancos de memoria y los sistemas de integración de orden superior que se necesitan para generar el pensamiento consciente. El único medio disponible es el aumento de la superficie: extender las células en una hoja amplia y arrugarla hasta formar una bola. La corteza del cerebro humano es una tal hoja, de aproximadamente 6500 centímetros cuadrados de superficie, atestada con millones de cuerpos neuronales por centímetro cuadrado, plegada y apretada de forma precisa, como un origami[20], en muchas crestas y fisuras que se arrollan, netamente embutidas a su vez en la cavidad craneal de entre 1000 y 2000 centímetros cúbicos de capacidad.

¿Qué más puede decirse de la estructura del cerebro? Si lo diseñó un Divino Ingeniero, no limitado por la historia biológica de la humanidad, podría haber escogido seres mortales pero angélicos hechos a su propia imagen. Presumiblemente serían racionales, prudentes, sabios, benevolentes, no rebeldes ni egoístas e inocentes; y, como tales, administradores preconcebidos del hermoso planeta que les ha sido legado. Pero no somos nada que se parezca a esto. Tenemos pecado original, lo que nos hace *mejores* que los ángeles. Cualquier bien que poseamos lo hemos ganado, durante una larga y ardua historia evolutiva. El cerebro humano lleva el sello de 400 millones de años de prueba y error, que es posible trazar mediante fósiles y homología molecular en una secuencia prácticamente ininterrumpida desde el pez al anfibio, de este al reptil y al mamífero primitivo, y de este a nuestros antepasados inmediatos entre los primates. En la fase final, el cerebro fue catapultado a un nivel radicalmente nuevo, equipado para el lenguaje y la cultura. Sin embargo, debido a su antiguo pedigrí, no podía ser colocado como un nuevo ordenador en un espacio craneal vacío. El viejo cerebro fue ensamblado allí como vehículo para el instinto, y siguió siendo vital desde un latido cardíaco al siguiente a medida que se añadían

nuevas partes. El nuevo cerebro tuvo que ser montado provisionalmente en fases dentro y alrededor del viejo. De otro modo, el organismo no hubiera podido sobrevivir de una generación a la siguiente. El resultado fue la naturaleza humana: el genio animado con la astucia y la emoción animal, combinando la pasión de la política y el arte con la racionalidad, para crear un nuevo instrumento de supervivencia.

Los científicos del cerebro han vindicado el punto de vista evolutivo de la mente. Han establecido que la pasión está indisolublemente unida a la razón. La emoción no es solo una perturbación de la razón, sino una parte vital de la misma. Esta cualidad quimérica de la mente es lo que la hace tan evasiva. La tarea más ardua de los científicos del cerebro es explicar la ingeniería de prueba de productos de los circuitos corticales frente al fondo de la historia profunda de la especie. Más allá de los elementos de anatomía general que acabo de resumir, el papel hipotético del Divino Ingeniero no les está abierto. Incapaces de deducir a partir de primeros principios el equilibrio óptimo de instinto y razón, han de averiguar de una en una la localización y la función de los circuitos que gobiernan el cerebro. El progreso se mide mediante descubrimientos fragmentarios y cautelosas inferencias. He aquí algunos de los más importantes que han hecho los investigadores hasta el presente:

- El cerebro humano conserva las tres divisiones primitivas que se encuentran en todos los vertebrados, desde los peces a los mamíferos: metencéfalo, mesencéfalo y prosencéfalo[21]. Los dos primeros juntos, que reciben el nombre de tallo cerebral, forman el abultado bulbo raquídeo, sobre el que descansa el prosencéfalo, muy engrosado.
- El metencéfalo comprende a su vez el puente, la médula y el cerebelo. Conjuntamente regulan la respiración, los latidos cardíacos y la coordinación de los movimientos corporales. El mesencéfalo controla el sueño y la excitación. También regula parcialmente los reflejos auditivos y la percepción.
- Una parte importante del prosencéfalo está compuesta por el sistema límbico, el complejo maestro de control de tráfico que regula la respuesta emocional así como la integración y transferencia de información sensorial. Sus centros clave son la amígdala (emoción), el hipocampo (memoria, especialmente la memoria a corto plazo), el hipotálamo (memoria, control de la temperatura, impulso sexual, hambre y sed) y el tálamo (la consciencia de la temperatura y de todos los demás sentidos con excepción del olfato, la consciencia del dolor, y la mediación de algunos procesos de la memoria).
- El prosencéfalo incluye asimismo la corteza cerebral, que durante la evolución ha crecido y se ha expandido hasta cubrir el resto del cerebro. Como sede principal de la consciencia, almacena y coteja la información procedente de los sentidos. También dirige la actividad motriz voluntaria e integra las funciones

superiores, entre ellas el habla y la motivación.

- Las funciones clave de las tres divisiones sucesivas (metencéfalo más mesencéfalo, sistema límbico y corteza cerebral) puede resumirse claramente en esta secuencia: *latido cardíaco, fibras del corazón* y *sin corazón*.
- No hay un lugar único en el prosencéfalo que sea la sede de la experiencia consciente. Los niveles superiores de la actividad mental recorren circuitos que abarcan una gran parte del prosencéfalo. Por ejemplo, cuando vemos y hablamos sobre el color, la información visual pasa desde los conos y las interneuronas de la retina a través del tálamo a la corteza visual en la parte posterior del cerebro. Una vez la información ha sido codificada e integrada de nuevo en cada paso, a través de modelos de disparo de neuronas, se extiende después hacia los centros del habla de la corteza lateral. Como resultado, primero vemos rojo y luego decimos «rojo». Pensar sobre el fenómeno consiste en añadir cada vez más conexiones de pauta y significado, y, así, en activar áreas adicionales del cerebro. Cuanto más nuevas y complejas sean las conexiones, tanto mayor será la cantidad de esta activación que se extiende. Cuanto mejor se aprendan las conexiones mediante tal experiencia, tanto más son puestas en piloto automático. Cuando más tarde se aplica el mismo estímulo, la nueva activación disminuye y los circuitos son más predecibles. El procedimiento se convierte en un «hábito». En una de tales rutas inferidas de formación de memoria, la información sensorial es transportada desde la corteza cerebral a la amígdala y al hipocampo, después al tálamo, y después a la corteza prefrontal (justo detrás de la frente), y de nuevo a las regiones sensoriales originales de la corteza para su almacenamiento. A lo largo del camino, los códigos se interpretan y se alteran según las entradas procedentes de otras partes del cerebro.
- Debido al tamaño microscópico de las neuronas, una gran cantidad de circuitería puede amontonarse en un espacio muy pequeño. El hipotálamo, un centro de relevos y control principal en la base del cerebro, tiene el tamaño aproximado de una habichuela. (El sistema nervioso de los animales está miniaturizado de manera todavía más impresionante. El cerebro entero de los mosquitos y de otros insectos muy pequeños, que portan instrucciones para una serie de actos instintivos complejos, desde el vuelo al apareamiento, apenas es visible al ojo desnudo.)
- La perturbación de determinados circuitos del cerebro humano suele producir resultados sorprendentes. Las lesiones en determinados lugares de la superficie inferior de los lóbulos parietales y occipitales, que ocupan la parte lateral y posterior de la corteza cerebral, causan la rara condición llamada prosopagnosia. El paciente ya no puede reconocer a otras personas por su cara, pero puede recordarlas todavía a partir de su voz. Y, lo que es igual de extraño, conserva la

capacidad de reconocer solo mediante la vista objetos que no sean caras.

- Puede haber centros en el cerebro que sean especialmente activos en la organización y la percepción del libre albedrío. Uno de ellos parece estar situado dentro o por lo menos cerca del surco cingulado anterior, en el interior de un pliegue de la corteza cerebral. Los pacientes que han sufrido lesión en esta región pierden iniciativa y se despreocupan de su propio bienestar. De un momento al siguiente no se concentran en nada en particular, pero siguen siendo capaces de respuestas razonadas si se les apremia.
- Otras operaciones mentales complejas, mientras que afectan a regiones de partes extensas del cerebro, son vulnerables a perturbaciones localizadas. Los pacientes con epilepsia del lóbulo temporal suelen desarrollar hiperreligiosidad, que es la tendencia a cargar todos los acontecimientos, grandes y pequeños, con significado cósmico. Son también propensos a la hipergrafía, una compulsión a expresar sus visiones en un raudal indisciplinado de poemas, cartas o relatos.
- Las rutas neurales que se usan en la integración sensorial son asimismo muy especializadas. Cuando los sujetos sometidos a imaginería TEP (tomografía de emisión de positrones), método que revela las pautas de disparo de las neuronas, nombran ilustraciones de animales, su corteza visual se ilumina en el mismo modelo que se ve cuando escogen ligeras diferencias en el aspecto de los objetos. Cuando, en cambio, nombran en silencio ilustraciones de utensilios, la actividad neural pasa a partes de la corteza relacionadas con los movimientos de las manos y las palabras de acción, como «escribir» en lugar de lápiz.

Hasta ahora he hablado acerca de los procesos físicos que producen la mente. Ahora, para entrar en el meollo del asunto, ¿qué *es* la mente? Los científicos de la mente, es comprensible, bailan alrededor de esta pregunta. Sabiamente, rara vez se comprometen con una definición declarativa sencilla. La mayoría cree que las propiedades fundamentales de los elementos responsables de la mente (neuronas, neurotransmisores y hormonas) se conocen razonablemente bien. Lo que falta es la suficiente comprensión de las propiedades emergentes, holísticas, de los circuitos neuronales, y de la cognición, la manera como los circuitos procesan la información para crear percepción y conocimiento. Aunque los comunicados del frente de investigación crecen cada año en número y refinamiento, es difícil juzgar cuánto es lo que conocemos en comparación con lo que necesitamos saber, con el fin de crear una teoría potente y duradera de la producción de la mente por parte del cerebro. La gran síntesis podría llegar rápidamente, o bien podría llegar con una dolorosa lentitud a lo largo de un período de décadas.

Aún así, los expertos no pueden resistirse a especular sobre la naturaleza esencial de la mente. Aunque es muy arriesgado hablar de consenso, y aunque no tengo gran confianza en mis propios sesgos como intérprete, creo que he podido ensamblar lo

suficiente de sus opiniones superpuestas para prever un probable perfil de la teoría eventual, como sigue.

La mente es un torrente de experiencia consciente e inconsciente. En su raíz es la representación codificada de impresiones sensoriales y la memoria y la imaginación de estas impresiones. Lo más probable es que la información que la compone sea clasificada y recuperada mediante codificación vectorial, que indica dirección y magnitud. Por ejemplo, un determinado sabor podría ser clasificado por la actividad combinada de neuronas que respondieran a grados distintos de dulzura, salsedumbre y acidez. Si el cerebro estuviera diseñado para distinguir diez incrementos en cada una de estas dimensiones del gusto, la codificación podría identificar 10 × 10 × 10, o sea 1000 sustancias.

La consciencia consiste en el procesamiento en paralelo de un enorme número de tales redes de codificación. Muchas están conectadas por el disparo sincronizado de las neuronas a cuarenta ciclos por segundo, lo que permite la cartografía interna simultánea de múltiples impresiones sensoriales. Algunas de tales impresiones son reales, producidas por la estimulación que procede del exterior del sistema nervioso, mientras que otras son rememoradas desde los bancos de memoria de la corteza. En su conjunto, crean los argumentos o escenarios que fluyen de manera realista hacia delante y hacia atrás a través del tiempo. Los argumentos son una realidad virtual. Pueden casar perfectamente con fragmentos del mundo externo, o bien apartarse indefinidamente lejos del mismo. Recrean el pasado y plantean futuros alternativos que sirven como opciones para pensamientos y acciones corporales futuros. Los argumentos comprenden pautas densas y finamente diferenciadas en los circuitos cerebrales. Cuando están completamente abiertos a las entradas procedentes del exterior, corresponden bien a todas las partes del ambiente, incluyendo la actividad de partes del cuerpo, supervisada por los órganos de los sentidos.

¿Quién o qué en el interior del cerebro supervisa toda esta actividad? Nadie. Nada. Los argumentos o escenarios no son vistos por alguna otra parte del cerebro. Simplemente, *son*. La consciencia es el mundo virtual compuesto por los escenarios. No existe ni siquiera un teatro cartesiano, para utilizar la frase con la que Daniel Dennett lo desecha, ni un solo lugar del cerebro en el que los escenarios sean representados de forma coherente. En lugar de eso, existen pautas entrelazadas de actividad neural dentro de lugares concretos del prosencéfalo, y entre ellos, desde la corteza cerebral a otros centros especializados de cognición, tales como el tálamo, la amígdala y el hipocampo. No hay un único torrente de consciencia en el que toda la información sea agrupada por un ego ejecutivo. En lugar de ello, hay múltiples corrientes de actividad, algunas de las cuales contribuyen momentáneamente al pensamiento consciente y después se van eliminando por etapas. La consciencia es el gran conjunto acoplado de tales circuitos implicados. La mente es una república autoorganizativa de argumentos que, de manera individual, germinan, crecen, evolucionan, desaparecen y ocasionalmente se demoran para generar pensamiento y

actividad física adicionales.

Los circuitos neurales no se encienden y se apagan como partes de una red eléctrica. En muchos sectores del prosencéfalo al menos, están dispuestos en relés paralelos que se escalonan desde un nivel neuronal al siguiente, integrando cada vez más información codificada a cada paso. La energía de la luz que incide en la retina, para ampliar el ejemplo que puse antes, es transducida en pautas de disparo neuronal. Las pautas son transmitidas a través de una secuencia de sistemas intermedios de neuronas hacia fuera de los campos retinales, a través de los núcleos geniculados laterales del tálamo, a la corteza visual primaria de la parte posterior del cerebro. Las células de la corteza visual, alimentadas por los estímulos integrados, suman la información procedente de distintas partes de la retina. Reconocen y, mediante su propia pauta de disparo, especifican manchas o líneas. Ulteriores sistemas de estas células de orden superior integran la información procedente de múltiples células alimentadoras para cartografiar la forma y el movimiento de los objetos. De maneras que todavía no se comprenden, este modelo está acoplado con la entrada simultánea procedente de otras partes del cerebro para crear los argumentos completos de la consciencia. El biólogo S. J. Singer ha expresado secamente el asunto: conecto, luego existo.

Debido a que solo para generar la consciencia se requiere una población de neuronas astronómicamente grande, el cerebro se halla muy limitado en su capacidad de crear y mantener imágenes complejas en movimiento. Una medida clave de dicha capacidad reside en la distinción que hacen los psicólogos entre memoria a corto y a largo plazo. La memoria a corto plazo es el estado dispuesto de la mente consciente. Compone todas las partes actuales y recordadas de los escenarios virtuales. Solo puede manipular de manera simultánea unas siete palabras u otros símbolos. El cerebro tarda alrededor de un segundo para examinar completamente estos símbolos, y en treinta segundos olvida la mayor parte de la información. La memoria a largo plazo cuesta mucho más de adquirir, pero posee una capacidad casi ilimitada, y una fracción de la misma se conserva durante toda la vida. Desplegando la activación, la mente consciente convoca la información procedente del almacén de la memoria a largo plazo y la conserva durante un breve intervalo en la memoria a corto plazo. Durante este tiempo procesa la información, a una tasa de aproximadamente un símbolo cada 25 milisegundos, mientras que los argumentos que surgen de la información compiten por la dominancia.

La memoria a largo plazo rememora acontecimientos específicos al dibujar personas, objetos y acciones concretos en la mente consciente a lo largo de una secuencia temporal. Por ejemplo, recrea fácilmente un momento olímpico: el encendido de la antorcha, un atleta que corre, los vítores del público. También recrea no solo las imágenes y el sonido, sino el *significado* en la forma de conceptos conectados que se experimentan simultáneamente. El fuego se conecta con lo caliente, rojo, peligroso, cocido, la pasión del sexo, y el acto creativo, y así

sucesivamente a través de multitud de rutas hipertextuales seleccionadas por el contexto, que a veces construyen nuevas asociaciones en la memoria para su recuerdo futuro. Los conceptos son los nodos o puntos de referencia en la memoria a largo plazo. Muchos están etiquetados por palabras del lenguaje ordinario, pero otros no. El recuerdo de imágenes desde los bancos de largo plazo, sin conexión o apenas, es solo memoria. El recuerdo con conexiones, y especialmente cuando están matizadas por la resonancia de circuitos emocionales, es remembranza.

La capacidad de remembranza mediante la manipulación de símbolos es un logro trascendente para una máquina orgánica. Ha originado toda la cultura. Pero aún así queda todavía lejos de las demandas que el cuerpo exige al sistema nervioso. Cientos de órganos deben ser regulados de manera continua y precisa; cualquier perturbación grave es seguida de enfermedad o muerte. Un corazón que se vuelve olvidadizo durante diez segundos puede hacer que uno caiga redondo al suelo. El funcionamiento adecuado de los órganos se halla bajo el control de pilotos automáticos con conexiones fijas, en el cerebro y en la médula espinal, cuyos circuitos neuronales son nuestra herencia desde hace cientos de millones de años de evolución de los vertebrados, mucho antes del origen de la consciencia humana. Los circuitos de piloto automático son más cortos y más sencillos que los de los centros cerebrales superiores, y comunican con ellos solo marginalmente. Solo mediante un intenso entrenamiento meditativo pueden ponerse ocasionalmente bajo el control consciente.

Bajo control automático, y específicamente a través del equilibrio de los elementos antagonistas del sistema nervioso autónomo, las pupilas del ojo se encogen o se dilatan, la saliva sale a borbotones o se contiene, el estómago se revuelve o se aquieta, el corazón late violentamente o se calma, y así sucesivamente a través de estados alternativos en todos los órganos. Los nervios simpáticos del sistema nervioso autónomo preparan el cuerpo para la acción. Estos nervios surgen de las secciones medias de la médula espinal, y típicamente regulan determinados órganos mediante la liberación del neurotransmisor norepinefrina. Los nervios parasimpáticos relajan el cuerpo en su conjunto al tiempo que intensifican los procesos de la digestión. Surgen del tallo cerebral y del segmento inferior de la médula espinal, y el neurotransmisor que libera a los órganos objetivo es la acetilcolina, que es asimismo el agente del sueño.

Los reflejos son rápidas respuestas automáticas mediadas por cortocircuitos de neuronas a través de la médula espinal y del cerebro inferior. La más compleja es la respuesta de sobresalto, que prepara al cuerpo para un golpe o una colisión inminentes. Imagínese el lector que se ve sorprendido por un fuerte ruido cercano: el claxon de un coche suena, alguien grita, un perro ataca en medio de un furor de ladridos. El lector reaccionará sin pensar. Sus ojos se cerrarán, su cabeza se hundirá, abrirá la boca y las rodillas se le doblarán ligeramente. Todas son reacciones que le preparan para el contacto violento que puede producirse un instante después. La

respuesta de sobresalto tiene lugar en una fracción de segundo, más deprisa de lo que la mente consciente puede seguir, más deprisa de lo que puede imitar el esfuerzo consciente incluso con una larga práctica.

Las respuestas automáticas, fieles a su papel primordial, son relativamente impermeables a la voluntad consciente. Este principio de arcaísmo se extiende incluso a las expresiones faciales que comunican emoción. Una sonrisa espontánea y genuina, que se origina en el sistema límbico y es movida por la emoción, es inequívoca para el observador experimentado. Una sonrisa simulada se construye mediante los procesos conscientes del cerebro y es traicionada por matices reveladores: una configuración ligeramente distinta de la contracción de los músculos faciales y una tendencia a ladear la boca que se curva hacia arriba. Una sonrisa natural puede ser muy bien imitada por un actor consumado. También puede ser evocada si se induce artificialmente la emoción apropiada, que es la técnica básica de la actuación según el método[22]. En el uso ordinario se modifica deliberadamente de acuerdo con la cultura local, para transmitir ironía (la sonrisa con los labios fruncidos), cortesía contenida (la sonrisa leve), amenaza (la sonrisa lobuna) y otras presentaciones refinadas del yo.

Gran parte de las entradas al cerebro no proceden del mundo exterior, sino de los sensores internos del cuerpo que supervisan el estado de la respiración, los latidos cardíacos, la digestión y otras actividades fisiológicas. La avalancha de «sensación de tripas» que resulta de ello se mezcla con el pensamiento racional, alimentándolo y siendo alimentado por este mediante reflejos de los órganos internos y de los bucles neurohormonales.

A medida que los escenarios de la consciencia pasan volando, impulsados por estímulos y evocando memorias de argumentos anteriores, son sopesados y modificados por la emoción. ¿Qué es la emoción? Es la modificación de la actividad neural que anima y focaliza la actividad mental. Es creada por la actividad fisiológica que selecciona determinados torrentes de información frente a otros, haciendo pasar a cuerpo y mente a niveles superiores o inferiores de actividad, agitando los circuitos que crean los argumentos, y seleccionando unos que terminan de maneras concretas. Los escenarios vencedores son los que encajan con fines preprogramados por el instinto y las satisfacciones de la experiencia previa. La experiencia actual y la memoria perturban continuamente los estados de la mente y el cuerpo. Mediante el pensamiento y la acción los estados son entonces desplazados hacia atrás, a la condición original, o hacia delante, a condiciones concebidas en argumentos nuevos. El dinamismo del proceso provoca la identificación mediante palabras que denotan las categorías básicas de la emoción: ira, disgusto, miedo, placer, sorpresa. Rompe las categorías en muchos grados y las mezcla para crear miles de compuestos sutiles. De este modo experimentamos sensaciones que son diversas, a la vez débiles, fuertes, contradictorias y nuevas.

Sin el estímulo y la guía de la emoción, el pensamiento racional se reduce y se

desintegra. La mente racional no flota sobre la irracional; no puede liberarse para dedicarse a la razón pura. Existen teoremas puros en las matemáticas, pero no pensamientos puros que los descubran. En la fantasía de la teoría neurobiológica y de la ciencia ficción, del cerebro en una tina, el órgano en su baño nutritivo ha sido despojado de los impedimentos del cuerpo y liberado para explorar el universo interior de la mente. Pero no es eso lo que resultaría en la realidad. Toda la evidencia de la ciencia del cerebro apunta en la dirección opuesta, hacia un infierno encerrado en el ataúd del muerto despierto, donde el mundo recordado e imaginado se descompone hasta que el caos concede misericordiosamente el olvido.

La consciencia satisface a la emoción por las acciones físicas que selecciona en medio de una sensación turbulenta. Es la parte especializada de la mente que crea y clasifica argumentos, a través de los cuales se adivina el futuro y se eligen planes de acción. La consciencia no es un centro de mando alejado, sino parte del sistema íntimamente conectado a todos los circuitos neurales y hormonales que regulan la fisiología. La consciencia actúa y reacciona para conseguir un estado estacionario dinámico. Perturba al cuerpo de manera precisa con cada circunstancia cambiante, como requiere el bienestar y la respuesta a la oportunidad, y ayuda a devolverlo a la condición original cuando se ha hecho frente al desafío y la oportunidad.

La reciprocidad de mente y cuerpo puede visualizarse en el siguiente escenario, que he adaptado de un relato del neurólogo Antonio R. Damasio. Imagine el lector que está paseando de noche por una calle desierta de la ciudad. La meditación del lector se ve interrumpida por pasos rápidos que resuenan a su espalda, muy cerca. Su cerebro se centra de inmediato y produce una profusión de escenarios alternativos: ignorar los pasos, quedarse quieto, darse la vuelta y enfrentarse, o huir. Prevalece el último escenario y el lector actúa. Corre hacia el escaparate iluminado de una tienda situada calle abajo. En el espacio de unos pocos segundos, la respuesta consciente desencadena cambios automáticos en la fisiología del lector. Las hormonas catecolamínicas epinefrina («adrenalina») y norepinefrina se vierten en el torrente sanguíneo desde la médula adrenal y viajan a todas las partes del cuerpo, aumentando la tasa metabólica basal, descomponiendo en el hígado y los músculos esqueléticos el glucógeno hasta obtener glucosa para una entrada rápida de energía. El corazón se acelera. Los bronquiolos de los pulmones se dilatan para admitir más aire. La digestión se hace más lenta. La vejiga y el colon se preparan para vaciar sus contenidos, desembarazando al cuerpo para prepararlo para una acción violenta y posibles heridas.

Pasan unos cuantos segundos más. El tiempo se hace más lento en la crisis: la duración del evento parece como si fuera de varios minutos. Las señales que surgen de todos los cambios son transmitidas de nuevo al cerebro por más fibras nerviosas y el aumento de hormona titula el torrente sanguíneo. A medida que pasan más segundos, cuerpo y cerebro cambian juntos de manera precisa y programada. Los circuitos emocionales del sistema límbico irrumpen: los nuevos argumentos que

inundan la mente están cargados de miedo, después ira que centra fuertemente la atención de la corteza cerebral, cerrando todos los demás pensamientos no relevantes para la supervivencia inmediata.

El lector llega a la puerta de la tienda, ha ganado la carrera. Dentro hay gente, el seguidor ha desaparecido. ¿Estaba realmente persiguiéndolo? No importa. La república de sistemas corporales, informada por señales tranquilizadoras desde el cerebro consciente, empieza su largo abandono de la guardia hasta el estado de calma original.

Damasio, al presentar la mente de manera holística en tales episodios, ha sugerido la existencia de dos grandes categorías de emoción. La primera, la emoción primaria, comprende las respuestas que de ordinario se denominan innatas o instintivas. La emoción primaria requiere poca actividad consciente más allá del reconocimiento de determinados estímulos elementales, del tipo que los estudiosos del comportamiento instintivo en los animales denominan disparadores: se dice que «disparan» el comportamiento preprogamado. Para los seres humanos dichos estímulos incluyen la incitación sexual, los ruidos fuertes, la aparición súbita de formas grandes, el movimiento culebreante de serpientes u objetos serpentiformes y las configuraciones particulares del dolor asociado a ataques al corazón o a huesos rotos. Las emociones primarias han sido transmitidas con pocos cambios desde los vertebrados, que fueron los antepasados de la estirpe humana. Son activadas mediante circuitos del sistema límbico, entre los que la amígdala parece ser el principal centro integrador y de transmisión.

Las emociones secundarias surgen a partir de acontecimientos personalizados de la vida. Encontrarse con un viejo amigo, enamorarse, obtener un ascenso o sufrir un insulto supone disparar los circuitos límbicos de la emoción primaria, pero solo después de que se han empleado los procesos integrativos superiores de la corteza cerebral. Hemos de saber quién es amigo o enemigo, y por qué se comportan de una determinada manera. Por esta interpretación, la ira del emperador y el arrobamiento del poeta son elaboraciones culturales retroajustadas a la misma maquinaria que impulsa a los primates prehumanos. La naturaleza, observa Damasio, «con su chapucera habilidad por la economía, no seleccionó mecanismos independientes para expresar las emociones primarias y secundarias. Permitió, simplemente, que las emociones secundarias se expresaran por el mismo canal ya preparado para conducir las emociones primarias».

Las palabras ordinarias utilizadas para denotar emoción y otros procesos de la actividad mental se ajustan solo de una manera grosera a los modelos utilizados por los científicos del cerebro en sus intentos de una explicación rigurosa. Pero las concepciones ordinarias y convencionales (lo que algunos filósofos llaman psicología popular) son necesarias si hemos de extraer el máximo sentido posible de miles de años de historia culta, y con ello unir las culturas del pasado a las del futuro. Con esta finalidad ofrezco las siguientes definiciones, en las que se pone el acento en la

neurociencia, de varios de los más importantes conceptos de la actividad mental.

Lo que denominamos *significado* es la conexión entre las redes neurales creadas por la excitación en expansión que acrecienta las imágenes e implica emoción. La selección competitiva entre escenarios o argumentos es lo que llamamos *toma de decisiones*. El resultado, en términos del ajuste del argumento ganador a los estados instintivos o aprendidos favorables, establece el tipo e intensidad de la emoción subsiguiente. La forma persistente y la intensidad de las emociones se llama *talante*. La capacidad del cerebro de generar escenarios nuevos y de instalarse en los más efectivos de ellos se denomina *creatividad*. La producción persistente de escenarios que carecen de realidad y de valor de supervivencia se llama *demencia*.

Las construcciones materiales explícitas que he adjudicado a la vida mental serán discutidas por algunos científicos del cerebro, mientras que otros las estimarán inadecuadas. Este es el sino inevitable de la síntesis. Al elegir determinadas hipótesis en lugar de otras, he intentado servir como un agente honesto que busca el centro de gravedad de la opinión, donde, de una manera general, los datos de apoyo son más persuasivos y mutuamente consistentes. Incluir todos los modelos e hipótesis que merecen respeto en esta tumultuosa disciplina, y después clarificar las distinciones entre ellos, exigiría un manual completo. Es indudable que los acontecimientos probarán que en algunos lugares me equivoqué al elegir. Por tal eventualidad pido ahora disculpas a los científicos desairados, concesión que hago con gusto, sabiendo que el reconocimiento que merecen y que inevitablemente recibirán no puede verse empañado por la omisión prematura por parte de ningún observador.

Habiendo calificado así el tema, describiré a continuación los problemas de más enjundia que han de resolverse, antes de que pueda decirse que la base física de la mente se ha resuelto realmente. El que se considera, de manera universal, el más difícil de todos es la naturaleza de la experiencia subjetiva. El filósofo australiano David Chalmers puso recientemente este tema en perspectiva al contrastar los «problemas fáciles» de la consciencia general con el «problema difícil» de la experiencia subjetiva. En el primer grupo (fáciles, supongo, en el sentido de que es más fácil escalar en traje de baño el Mont Blanc que el Everest) están los problemas clásicos de la investigación de la mente: de qué manera el cerebro responde a los estímulos sensoriales, cómo incorpora la información en pautas, y de qué manera convierte las pautas en palabras. Cada uno de estos pasos de la cognición es sujeto de una vigorosa investigación contemporánea.

El problema difícil es más escurridizo: de qué manera los procesos físicos en el cerebro que ponen en marcha los problemas fáciles dan origen a los sentimientos subjetivos. ¿Qué significa exactamente cuando decimos que *sentimos* un color tal como rojo o azul? O notamos, en palabras de Chalmers, «el sonido inefable de un oboe distante, la agonía de un dolor intenso, la chispa de felicidad o la calidad meditativa de un momento absorto en el pensamiento. Todos forman parte de lo que

llamo consciencia. Son estos fenómenos los que componen el verdadero misterio de la mente».

Un experimento imaginario que propuso el filósofo Frank Jackson en 1983 ilustra la supuesta inasequibilidad del pensamiento subjetivo por parte de las ciencias naturales. Considérese una neurobióloga dentro de dos siglos, que conoce toda la física del color y todos los circuitos del cerebro que dan origen a la visión de los colores. Pero la científica (llamémosla Mary) no ha sentido nunca el color; ha sido encerrada durante toda su vida en una habitación en blanco y negro. No sabe lo que es para otra persona ver el rojo o el azul; no puede imaginar cómo se sienten acerca del color. Según Jackson y Chalmers, de ahí se sigue que existen calidades de la experiencia consciente que no pueden deducirse a partir del conocimiento del funcionamiento científico del cerebro.

Aunque está en la naturaleza de los filósofos imaginar callejones sin salida y explayarse sobre ellos a lo largo de libros enteros con dedicación de maestro de escuela, el problema difícil es conceptualmente fácil de resolver. ¿Qué descripción material podría explicar la experiencia subjetiva? La respuesta debe empezar reconociendo que Mary no puede saber qué sensación produce ver el color. No puede gozar de los matices cromáticos de un sol poniente. Y por la misma razón, Mary y todos sus congéneres humanos no pueden saber *a fortiori* lo que siente una abeja melífera cuando nota el magnetismo o qué piensa un pez eléctrico mientras se orienta en función de un campo eléctrico. Podemos traducir las energías del magnetismo y la electricidad en visión y sonido, las modalidades sensoriales que poseemos biológicamente. Podemos leer los circuitos neurales activos de abejas y peces escudriñando sus órganos sensoriales y su cerebro. Pero no podemos sentir como ellos, ni podremos nunca. Incluso los observadores más imaginativos y expertos no pueden pensar como animales, por mucho que lo deseen o se engañen de otra manera.

Pero la incapacidad no es el asunto. La distinción que ilumina la experiencia objetiva reside en otra parte, en los papeles respectivos de la ciencia y el arte. La ciencia percibe quién puede sentir el color azul y otras sensaciones y quién no, y explica por qué existe tal diferencia. El arte, en cambio, transmite sensaciones entre personas de la misma capacidad. En otras palabras, la ciencia explica las sensaciones, mientras que el arte las transmite. La mayoría de seres humanos, a diferencia de Mary, ven un espectro de color completo, y sienten sus productos en rutas reverberantes a través del prosencéfalo. Se ha demostrado que las pautas básicas son similares en todos los seres humanos capaces de ver los colores. Existen variaciones, debidas a remembranzas que surgen de las memorias personales y de los sesgos culturales de personas distintas. Pero, en teoría, estas variaciones pueden leerse asimismo en las pautas de su actividad cerebral. Las explicaciones físicas derivadas de las pautas serían comprensibles para Mary, la científica confinada. Podría decir: «Sí, este es el rango de longitud de onda que otros clasifican como azul, y aquí está la pauta de actividad neural por la que es reconocido y denominado». Las explicaciones

serían igualmente claras para abejas y peces científicos si, de alguna manera, su especie pudiera alcanzar los niveles de inteligencia humanos.

El arte es el medio por el que personas de cognición similar se comunican con los demás para transmitir sensaciones. Pero ¿cómo podemos estar seguros de que el arte se comunica de este modo con precisión, de que las personas *sienten* realmente, verdaderamente, lo mismo en presencia del arte? Lo sabemos de forma intuitiva por el peso mismo de nuestras respuestas acumulativas a través de los muchos medios de arte. Lo sabemos por las descripciones verbales detalladas de la emoción, por los análisis críticos y, en realidad, a través de datos procedentes de las vastas, matizadas y trabadas armas de las humanidades. Este papel vital en el compartir la cultura es, precisamente, de lo que tratan las humanidades. No obstante, de la ciencia vendrá información nueva y fundamental al estudiar las pautas dinámicas de los sistemas sensoriales y cerebral, durante episodios en los que se evocan y se experimentan a través del arte determinadas sensaciones.

Pero, a buen seguro, dirán los expertos, esto es imposible. El hecho científico no podrá traducirse nunca en arte, ni a la inversa. Tal respuesta es, ciertamente, la sabiduría convencional. Pero creo que es errónea. La conexión crucial existe: la propiedad común de la ciencia y el arte es la transmisión de información, y en un cierto sentido los modos respectivos de transmisión en ciencia y en arte pueden hacerse equivalentes desde el punto de vista lógico. Imagínese el siguiente experimento: un equipo de eruditos (quizá dirigidos por Mary, la científica interesada por el color) ha construido un lenguaje icónico a partir de las pautas visuales de la actividad cerebral. El resultado se parece a una sucesión de ideogramas chinos, cada uno de los cuales representa una entidad, un proceso o un concepto. La nueva escritura (llamémosla «caligrafía mental») se traduce a otros lenguajes. A medida que aumenta la soltura de sus lectores, la caligrafía mental puede leerse directamente mediante imágenes mentales.

En los silenciosos escondrijos de la mente, los sujetos voluntarios relatan episodios, evocan aventuras en sueños, recitan poemas, resuelven ecuaciones, rememoran melodías, y mientras hacen esto, las técnicas de la neurobiología hacen visible el juego vehemente de su circuitería neuronal. El observador lee la escritura que se despliega no como tinta sobre papel, sino como pautas eléctricas sobre tejido vivo. Algo, al menos, de la experiencia subjetiva del pensador (su sentimiento) se transfiere. El observador reflexiona, ríe o llora. Y a partir de sus propias pautas mentales es capaz de volver a transmitir las respuestas subjetivas. Los dos cerebros están conectados por la percepción de la actividad cerebral.

Ya se encuentren sentados a la mesa uno frente a otro, o solos en habitaciones separadas, o incluso en ciudades distintas, los comunicantes pueden realizar hazañas que se parecen a la percepción extrasensorial (ESP). Pero solo superficialmente. El primer pensador observa un naipe que sostiene medio doblado en la palma de la mano. Sin otra pista que las imágenes mentales para guiarlo, el segundo pensador lee

la cara de la carta. El primer pensador lee una novela; el segundo sigue la narración.

La transmisión precisa de la caligrafía mental depende tanto como el lenguaje convencional de la comunalidad de la cultura de los usuarios. Cuando la superposición es pequeña, la caligrafía puede estar limitada en el uso a un centenar de caracteres; cuando es extensa, el léxico puede aumentarse a miles. Cuando es más eficiente, la caligrafía transmite los tonos y las expresiones floridas que son características de culturas concretas y de mentes individuales.

La caligrafía mental se parecería a la caligrafía china, no solo un medio empleado para la comunicación de información factual y conceptual, sino también una de las grandes formas de arte de la civilización oriental. Los ideogramas contienen variaciones sutiles con significados subjetivos, estéticos y otros, propios, que comparten escritor y lector. Acerca de esta propiedad, el sinólogo Simon Leys ha escrito: «La seda o papel utilizados para la caligrafía tienen una calidad absorbente: el más ligero toque del pincel, la menor gota de tinta, se registra de inmediato, de forma irreparable e indeleble. El pincel funciona como un sismógrafo de la mente, respondiendo a la menor presión, a cada giro de la muñeca. Como la pintura, la caligrafía china se dirige al ojo y es un arte del espacio; como la música, se despliega en el tiempo; como la danza, desarrolla una secuencia dinámica de movimientos, y pulsa rítmicamente».

No obstante, queda un viejo obstáculo: si la mente está limitada por las leyes de la física, y si es concebible que pueda ser leída como caligrafía, ¿cómo puede haber libre albedrío? No quiero decir libre albedrío en el sentido trivial, la capacidad de elegir los pensamientos y el comportamiento propios, libre de la voluntad de los demás y del resto del mundo que nos rodea. Quiero decir, en cambio, libertad de las limitaciones impuestas por los estados fisicoquímicos del cuerpo y mente propios. Para el naturalista, el libre albedrío, en este sentido más profundo, es el resultado de la competencia entre los escenarios que componen la mente consciente. Los argumentos dominantes son los que despiertan los circuitos de las emociones y los implican para el mayor efecto durante la ensoñación. Vigorizan y focalizan la mente en su conjunto y dirigen el cuerpo en determinadas direcciones de acción. El yo es la entidad que parece hacer tales elecciones. Pero ¿qué es el yo?

El yo no es un ser inefable que vive aparte dentro del cerebro[23]. Es, más bien, el personaje clave de la pieza teatral que se desarrolla en los escenarios. Debe existir, y actuar en el centro del escenario, porque los sentidos están situados en el cuerpo y el cuerpo crea la mente para que represente el gobierno de todas las acciones conscientes. Por ello, el yo y el cuerpo están fusionados de manera inseparable: el yo, a pesar de la ilusión de su independencia creada en los argumentos, no puede existir separado del cuerpo, y el cuerpo no puede sobrevivir mucho tiempo sin el yo. Tan íntima es esta unión que es casi imposible imaginar almas en el cielo y en el infierno sin al menos el equivalente fantástico de la existencia corpórea. Incluso Jesucristo, se

nos ha dicho, y la Virgen María poco después, ascendieron al cielo en sus cuerpos, excelsos en calidad, pero cuerpos al fin y al cabo. Si la concepción naturalista de la mente es correcta, como sugiere toda la evidencia empírica, y si existe asimismo tal cosa como el alma, la teología tiene un nuevo misterio que resolver. El alma es inmaterial, reza dicho misterio, existe con independencia de la mente, pero no puede separarse del cuerpo.

El yo, actor en un drama perpetuamente cambiante, carece del dominio completo de sus propias acciones. No toma decisiones únicamente por elección consciente, puramente racional. Gran parte del cómputo en la toma de decisiones es inconsciente: hilos que mueven la marioneta del yo. Circuitos y procesos moleculares determinantes existen fuera del pensamiento consciente. Consolidan determinadas memorias y borran otras, prejuzgan conexiones y analogías, y refuerzan los bucles neurohormonales que regulan la respuesta emocional subsiguiente. Antes de que se levante el telón y se desarrolle la pieza teatral, el escenario ya se ha dispuesto en parte y gran parte de su libreto se ha escrito ya.

La preparación escondida de la actividad mental confiere la ilusión de libre albedrío. Tomamos decisiones por razones que solo vagamente intuimos, y raramente, o acaso nunca, comprendemos por entero. La ignorancia de este tipo es concebida por la mente consciente como incertidumbre que hay que resolver; de ahí que se asegure la libertad de elección. Una mente omnisciente con un compromiso total con la razón pura y con objetivos fijos carecería de libre albedrío. Incluso los dioses, que conceden la libertad a los hombres y se muestran descontentos cuando estos eligen alocadamente, evitan asumir tal poder espeluznante.

El libre albedrío como producto secundario de la ilusión parecería ser un albedrío lo suficientemente libre como para guiar el progreso humano y ofrecer la felicidad. ¿Hemos de dejarlo así? No, no podemos. Los filósofos no nos dejarán. Dirán: supongamos que con ayuda de la ciencia conociéramos en detalle todos los procesos escondidos. ¿Sería entonces correcto afirmar que la mente de un determinado individuo es predecible, y por lo tanto se halla verdadera y fundamentalmente determinada, y carece de libre albedrío? Hasta aquí, en principio, hemos de conceder esto, pero solo en el siguiente sentido, muy peculiar. Si en el intervalo de un microsegundo, las redes activas que componen el pensamiento fueran conocidas hasta la última neurona, molécula e ión, podría predecirse su estado exacto en el microsegundo siguiente. Pero seguir con esta línea de razonamiento en el ámbito ordinario del pensamiento consciente es fútil en términos pragmáticos, por la siguiente razón: si hay que aprehender y dominar las operaciones de un cerebro, también han de ser alteradas. Además, son de aplicación los principios del caos matemático. Cuerpo y cerebro comprenden estrepitosas legiones de células, que cambian a la escala microscópica en pautas discordantes que la consciencia por sí sola no puede siquiera empezar a imaginar. Las células son bombardeadas cada instante por estímulos externos que la inteligencia humana no puede conocer con

antelación. Cada uno de tales eventos puede acarrear una cascada de episodios microscópicos que conducen a nuevas pautas neurales. El ordenador que sería necesario para seguir la pista a las consecuencias tendría que ser de unas proporciones fantásticas, con operaciones concebiblemente mucho más complejas que las del propio cerebro pensante. Además, los argumentos de la mente son casi infinitos en su detalle, y su contenido se desarrolla según la historia y fisiología únicas del individuo. ¿De qué manera introducimos esto en un ordenador?

De modo que no puede haber un determinismo sencillo del pensamiento humano, al menos no en obediencia a la causación de la manera en que las leyes físicas describen el movimiento de los cuerpos y la agrupación atómica de moléculas. Puesto que la mente individual no puede conocerse ni predecirse por completo, el yo puede seguir creyendo apasionadamente en su propio libre albedrío. Y esta es una circunstancia afortunada. La confianza en el libre albedrío es biológicamente adaptativa. Sin ella, la mente, aprisionada por el fatalismo, pronto funcionaría más lenta y se deterioraría. Así, en el tiempo y el espacio organísmicos, en cualquier sentido operativo que se aplique al yo cognoscible, la mente *ha* de tener libre albedrío.

Finalmente, dado que la experiencia consciente es un fenómeno físico y no supernatural, ¿sería posible crear una mente humana artificial? Creo que la respuesta a esta pregunta preocupante desde el punto de vista filosófico, es en principio sí, pero en la práctica no, al menos no en una perspectiva de muchas décadas o incluso siglos en el futuro.

Descartes, al plantearse por primera vez la cuestión hace unos tres siglos, declaró que la inteligencia humana artificial era imposible. Existían dos criterios absolutamente seguros, decía, que distinguirían siempre a la máquina de la mente real. Nunca podría «modificar sus frases para replicar al sentido de cualquier cosa que se dijera en su presencia, como pueden hacer incluso los hombres más estúpidos», y nunca podría «comportarse en todas las circunstancias de la vida como nuestra razón hace que nos comportemos». La prueba fue replanteada en términos operativos por el matemático inglés Alan Turing en 1950. En el test de Turing, como ahora se le conoce de manera general, se invita a un intérprete humano a plantear cualquier pregunta a un ordenador escondido. Todo lo que se le dice es que la respuesta la dará otra persona, o bien un ordenador. Si, después de un período de tiempo respetable, quien pregunta es incapaz de decir si el interlocutor es un ser humano o una máquina, pierde el juego; y se concede a la mente de la máquina la categoría de humana. Mortimer Adler, el filósofo y educador norteamericano, propuso esencialmente el mismo criterio con el fin de poner en duda no solo la viabilidad de humanoides, sino también toda la filosofía del materialismo. No podemos aceptar una base absolutamente material de la existencia humana, decía, hasta que se cree tal ser artificial. Turing creía que podría construirse un humanoide

en pocos años. Adler, cristiano devoto, llegó a la misma conclusión que Descartes: nunca será posible tal máquina.

Los científicos, cuando se les dice que algo es imposible, se disponen a hacerlo; es un hábito. Sin embargo, no es su propósito buscar el significado último de la existencia en sus experimentos. Lo más probable es que su respuesta a la cuestión cósmica sea: «Lo que usted sugiere no es una pregunta productiva». Su ocupación, en cambio, es la exploración del universo en pasos concretos, uno cada vez. Su mayor recompensa es ocasionalmente alcanzar la cumbre de algún pico improbable y, desde allí, como el Cortés de Keats en Darién, mirar «en visionaria conjetura» la inmensidad que se extiende más allá. En su *ethos* es mejor haber empezado un gran viaje que haberlo terminado; mejor realizar un descubrimiento primordial que dar los toques finales a una teoría.

El campo científico de la inteligencia artificial, IA para abreviar, se inauguró en la década de 1950, coincidiendo con la invención de los primeros ordenadores electrónicos. Sus profesionales la definen como el estudio de la computación que precisa el comportamiento inteligente y el intento de duplicar dicho comportamiento utilizando ordenadores. Medio siglo de trabajo ha producido algunos resultados impresionantes. Se dispone de programas que reconocen objetos y caras a partir de unas pocas características seleccionadas y en ángulos diferentes, y que se sirven de reglas de simetría geométrica a la manera de la cognición humana. Otros pueden traducir idiomas, aunque sea toscamente, o bien generalizar y clasificar objetos nuevos sobre la base de la experiencia acumulada, de manera muy parecida a como lo hace la mente humana.

Algunos programas pueden explorar y escoger opciones para líneas de acción concretas en función de objetivos preseleccionados. En 1996, *Deep Blue*, un ordenador avanzado que juega al ajedrez, obtuvo la categoría de gran maestro al perder por poco un torneo a seis partidas con Gary Kasparov, el actual campeón mundial humano. *Deep Blue* funciona por fuerza bruta, utilizando treinta y dos microprocesadores para examinar cada segundo doscientos millones de posiciones de ajedrez. Finalmente perdió porque carecía de la capacidad de Kasparov de evaluar el punto débil del contrincante y de planificar una estrategia a largo plazo basada en parte en el engaño. En 1997, un *Deep Blue* reprogramado y mejorado derrotó por poco a Kasparov: la primera partida fue para Kasparov, la segunda para *Deep Blue*, siguieron tres tablas y la partida final la ganó *Deep Blue*.

Se ha iniciado la búsqueda de avances cuánticos en la simulación de todos los ámbitos del pensamiento humano. En la computación evolutiva, los programadores de IA han incorporado un procedimiento cuasiorganísmico en la evolución del diseño. Proporcionan a los ordenadores una gama de opciones para resolver los problemas, después les dejan que seleccionen y modifiquen los procedimientos disponibles que habrá que seguir. De este modo, las máquinas han terminado por parecerse a bacterias y a otros organismos unicelulares. Se puede añadir un giro

verdaderamente darwiniano si en las máquinas se colocan elementos que muden al azar para cambiar los procedimientos de que se dispone. Entonces los programas compiten para solucionar problemas, tales como obtener acceso a comida o espacio. Qué programas mutados nacerán y cuáles de entre los neonatos tendrán éxito no es siempre predecible, de manera que las «especies» de las máquinas en su conjunto pueden evolucionar de manera no prevista por el diseñador humano. Los científicos informáticos tienen a su alcance la creación de robots mutables que se desplazan por el laboratorio, aprenden y clasifican recursos reales, y que impiden que otros robots consigan su objetivo. A este nivel sus programas estarían cerca de los repertorios instintivos no de las bacterias, sino de animales pluricelulares sencillos tales como planarias y caracoles. En cincuenta años, los científicos informáticos (si tienen éxito) habrán atravesado el equivalente de cientos de millones de años de evolución orgánica.

Pero, con todo este progreso, no existe entusiasta de la IA que afirme poseer un mapa de carreteras desde el instinto de la planaria a la mente humana. ¿Cómo podría salvarse una brecha tan inmensa? Existen dos escuelas de pensamiento. Una, representada por Rodney Brooks, del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), adopta un enfoque de abajo arriba. En esta versión, los diseñadores seguirían el modelo de robot darwiniano a niveles cada vez más altos, obteniendo nuevos atisbos y complicando la tecnología a lo largo del camino. Es posible que, con el tiempo, pudiera surgir la capacidad de un humanoide. El otro enfoque es de arriba abajo. Este es el que sigue Marvin Minsky, padre fundador de la IA y colega de Brooks en el MIT; dicho enfoque se concentra directamente en los fenómenos de orden superior de aprendizaje e inteligencia, tal como pueden concebirse e incorporarse a una máquina sin los pasos evolutivos intermedios.

A pesar de todas las afirmaciones pesimistas acerca de la limitación humana que es probable que surjan, el genio humano es impredecible y capaz de avances sorprendentes. Puede que en el futuro inmediato se alcance la capacidad de, cuando menos, una simulación tosca de la mente humana, que comprenda un nivel de ciencias del cerebro lo suficientemente refinado como para entender por completo las operaciones básicas de la mente, con la tecnología informática lo suficientemente avanzada para imitarla. Puede que una mañana nos levantemos para encontrar un tal triunfo anunciado en el *New York Times*, quizá junto a una cura genérica para el cáncer o el descubrimiento de organismos vivos en Marte. Pero dudo seriamente de que un acontecimiento parecido tenga lugar jamás, y creo que una gran mayoría de expertos en IA estarán dispuestos a coincidir conmigo. Existen dos razones, que pueden llamarse, respectivamente, el obstáculo funcional y el obstáculo evolutivo.

El obstáculo funcional es la abrumadora complejidad de las entradas de información que penetran en la mente humana y la atraviesan. El pensamiento racional surge de los intercambios continuos entre el cuerpo y el cerebro a través de las descargas de los nervios y del flujo de hormonas que transporta la sangre,

influidos a su vez por controles emocionales que regulan el juego mental, la atención y la selección de objetivos. Para conseguir duplicar la mente en una máquina, no habrá suficiente con perfeccionar las ciencias del cerebro y la tecnología de la IA, porque los pioneros de la simulación tendrán que inventar e instalar asimismo una forma completamente nueva de computación: la emoción artificial, o EA.

El segundo obstáculo a la creación de una mente humanoide, el evolutivo, es la historia genética única de la especie humana. La naturaleza humana genérica (la unidad psíquica de la humanidad) es el producto de millones de años de evolución en ambientes que ahora se han olvidado en su mayoría. Sin la atención detallada al mapa hereditario de la naturaleza humana, la mente simulada podría ser de un poder pasmoso, pero se parecería más a la de un visitante extraterrestre, no a la de un ser humano.

E incluso si se conociera el mapa, e incluso si pudiera seguirse, solo serviría como un inicio. Para ser humana, la mente artificial ha de imitar la de una persona individual, con sus bancos de memoria llenos por la experiencia de toda una vida, visual, auditiva, quimiorreceptora, táctil y quinestésica, toda ella ponderada con matices de emoción. Y social: ha de existir la exposición intelectual y emocional a incontables contactos humanos. Y con estas memorias, tiene que haber significado, las conexiones expansivas realizadas con todas y cada una de las palabras y de los fragmentos de información sensorial teniendo en cuenta los programas. Sin todas estas tareas completadas, el sino de la mente artificial es fallar en el test de Turing. Cualquier jurado humano podría echar por tierra en cuestión de minutos la pretensión de la máquina. O eso, o entregarla a una institución psiquiátrica para su tratamiento.

# CAPÍTULO 7

## De los genes a la cultura

Las ciencias naturales han construido una red de explicación causal que recorre todo el camino desde la física cuántica a las ciencias del cerebro y la biología evolutiva. En este tejido existen brechas de amplitud desconocida, y muchas de las hebras que lo componen son tan delicadas como una telaraña. Las síntesis predictivas, la finalidad última de la ciencia, se encuentran todavía en un estadio previo, y ello es especialmente cierto para la biología. Aún así, creo que es justo decir que se conoce lo suficiente para justificar la confianza en el principio de consiliencia racional universal en todas las ciencias naturales.

La red de explicaciones alcanza ahora el mismo borde de la cultura. Ha llegado a la frontera que separa las ciencias naturales a un lado y las humanidades y las ciencias sociales humanísticas al otro. Desde luego, para muchos estudiosos los dos ámbitos, que se denominan de manera general y respectiva culturas científica y literaria, tienen todavía un aspecto de permanencia. Desde la ley apolínea al espíritu dionisíaco, de la prosa a la poesía, del hemisferio cortical izquierdo al derecho, la línea entre los dos ámbitos puede cruzarse fácilmente en uno y otro sentido, pero nadie sabe cómo traducir la lengua de uno a la del otro. ¿Acaso debiéramos siquiera intentarlo? Así lo creo, y por la mejor de las razones: el objetivo es a la vez importante y alcanzable. Ha llegado el momento de volver a determinar la frontera.

Aunque esta percepción sea discutida (y lo será), pocos pueden negar que la división entre las dos culturas es una fuente continua de malos entendidos y de conflicto. «Esta polarización es una mera pérdida para todos nosotros», escribió C. P. Snow en su ensayo definidor de 1959 *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. «Para nosotros como personas, y para nuestra sociedad. Es a la vez una pérdida práctica, intelectual y creativa».

La polarización promueve, por un lado, el reciclado perpetuo de la controversia naturaleza-educación[24], lo que genera debates, en su mayoría estériles, sobre el género, las preferencias sexuales, la etnicidad y la propia naturaleza humana. La causa fundamental del problema es hoy en día tan evidente como cuando Snow meditaba sobre él en el estrado del Christ College: la extrema especialización de la élite culta. Los intelectuales públicos, y tras ellos, a corta distancia, los profesionales de la información, han sido adiestrados, casi sin excepción, en las ciencias sociales y las humanidades. Consideran que la naturaleza humana es su competencia y tienen dificultad en concebir la relevancia de las ciencias naturales para el comportamiento social y la política. Los científicos naturales, cuyo conocimiento está cuadriculado en

pequeños compartimentos con poca conexión con los asuntos humanos, se hallan efectivamente mal preparados para abordar los mismos temas. ¿Qué sabe un bioquímico de teoría legal y del comercio de la China? No hay suficiente con repetir el viejo curalotodo: que todos los estudiosos, científicos naturales y sociales y humanistas, están animados por un espíritu creativo común. Son, efectivamente, hermanos creativos, pero carecen de un lenguaje común.

Solo hay una manera de unir las grandes ramas del saber y terminar con las guerras de la cultura. Se trata de ver la frontera entre las culturas científica y literaria no como una línea territorial, sino como un terreno amplio y en gran parte inexplorado, que espera el acceso cooperativo desde ambos lados. Los malos entendidos surgen de la ignorancia del terreno, no de una diferencia fundamental en la mentalidad. Las dos culturas comparten el siguiente reto. Sabemos que prácticamente todo el comportamiento humano es transmitido por la cultura. También sabemos que la biología tiene un efecto importante sobre el origen de la cultura y su transmisión. La cuestión que queda es de qué manera la biología y la cultura interactúan, y en particular, cómo lo hacen a través de todas las sociedades para crear los rasgos comunes de la naturaleza humana. ¿Qué es lo que, en el análisis final, une la historia profunda, en su mayor parte genética, de la especie en su conjunto con las historias culturales más recientes de sus sociedades distantes unas de otras? Este, en mi opinión, es el meollo de la relación entre las dos culturas. Puede plantearse como un problema que hay que resolver, el problema central de las ciencias sociales y las humanidades y, simultáneamente, uno de los grandes problemas que le quedan a las ciencias naturales.

En la actualidad, nadie tiene una solución. Pero, teniendo en cuenta que nadie en 1842 sabía la causa verdadera de la evolución y en 1952 nadie conocía la naturaleza del código genético, la manera de resolver el problema puede hallarse a nuestro alcance. Unos cuantos investigadores, y yo me cuento entre ellos, piensan incluso que conocen la forma aproximada que adoptará la respuesta. Desde distintas posiciones ventajosas en la biología, la psicología y la antropología, han concebido un proceso que denominan *coevolución entre los genes y la cultura*. En esencia, esta hipótesis observa, primero, que a la evolución genética el linaje humano ha añadido la ruta paralela de la evolución cultural, y, segundo, que las dos formas de evolución están relacionadas. Creo que la mayoría de los que han contribuido a la teoría durante los últimos veinte años estarían de acuerdo con el siguiente esbozo de sus principios:

La cultura es creada por la mente común, y cada mente a su vez es el producto del cerebro humano, estructurado genéticamente. Por lo tanto, genes y cultura están unidos de manera inseparable. Pero la unión es flexible, y en un cierto grado todavía no se ha medido. La unión es asimismo tortuosa: los genes prescriben reglas o normas epigenéticas, que son las rutas neurales y las regularidades en el desarrollo cognitivo, mediante las cuales la mente individual se ensambla. La mente crece desde el nacimiento a la muerte mediante la absorción de aquellas partes de la cultura

existente que tiene a su disposición, con la selección guiada por reglas epigenéticas heredadas por el cerebro individual.

Para visualizar la coevolución entre genes y cultura de manera más concreta, considérese el ejemplo de las serpientes reales y oníricas, que utilicé anteriormente para argumentar la plausibilidad de la consiliencia completa. La tendencia innata a reaccionar a la vez con miedo y fascinación hacia las serpientes es la regla epigenética. La cultura se basa en este miedo y esta fascinación para crear metáforas y narraciones. El proceso es así:

Como parte de la coevolución entre los genes y la cultura, la cultura se reconstruye colectivamente con cada generación en la mente de los individuos. Cuando la tradición oral se complementa con la escritura y el arte, la cultura puede hacerse indefinidamente grande e, incluso, puede saltarse generaciones. Pero la influencia fundamental de las reglas epigenéticas, al ser genéticas e inerradicables, permanece constante.

De ahí que la prominencia de las serpientes oníricas en las leyendas y el arte de los chamanes amazónicos enriquezca su cultura a través de generaciones bajo la guía de la regla epigenética serpentina.

Algunos individuos heredan reglas epigenéticas que les permiten sobrevivir y reproducirse mejor en el ambiente y la cultura que les rodean que los individuos que carecen de tales reglas, o al menos que las poseen en una valencia más débil. Por estos medios, a lo largo de muchas generaciones, las reglas epigenéticas con más éxito se han extendido a través de la población junto con los genes que prescriben las reglas. En consecuencia, la especie humana ha evolucionado genéticamente por selección natural en comportamiento, de la misma manera que lo ha hecho en la anatomía y la fisiología del cerebro.

Las serpientes venenosas han sido una causa importante de mortalidad en casi todas las sociedades a lo largo de toda la evolución humana. Prestarles una atención detenida, que es realzada por las serpientes soñadas y los símbolos de la cultura, aumenta sin duda las probabilidades de supervivencia.

La naturaleza de la traílla genética y el papel de la cultura pueden ahora entenderse mejor. Determinadas normas culturales también sobreviven y se reproducen mejor que las normas que compiten con ellas, lo que hace que la cultura evolucione en una senda paralela a la de la evolución genética, y por lo general mucho más veloz. Cuanto más rápido es el ritmo de la evolución cultural, más laxa es la conexión entre genes y cultura, aunque dicha conexión no se rompe nunca de forma completa. La cultura permite un rápido ajuste a los cambios en el ambiente a través de adaptaciones muy afinadas que se inventan y se transmiten sin la correspondiente prescripción genética precisa. En este aspecto, los seres humanos difieren fundamentalmente de todas las demás especies animales.

Finalmente, para completar el ejemplo de la coevolución entre genes y cultura, la frecuencia con la que las serpientes oníricas y las serpientes como símbolos moran en

una cultura se interpreta como ajustada a la abundancia de las serpientes venenosas reales en el ambiente. Pero debido al poder del miedo y de la fascinación que les confiere la regla epigenética, fácilmente adquieren un significado mítico adicional; en culturas diferentes sirven, de manera variada, como sanadoras, mensajeras, demonios y dioses.

La coevolución entre los genes y la cultura es una extensión especial del proceso más general de evolución mediante selección natural. Los biólogos están de acuerdo, por lo general, en que la fuerza primaria que subyace a la evolución en los seres humanos y en todos los demás organismos es la selección natural. Esto es lo que creó al *Homo sapiens* durante los cinco o seis millones de años posteriores al momento en que la especie de homínido ancestral se escindió de un tronco primitivo similar al chimpancé. La evolución mediante selección natural no es una hipótesis ociosa. La variación genética sobre la que actúa la selección se conoce bien, en principio, hasta el nivel molecular. «Observadores de la evolución» entre los biólogos de campo han seguido la evolución mediante selección natural, generación tras generación, en poblaciones naturales de animales y plantas. Los resultados casi siempre pueden reproducirse en el laboratorio, incluso hasta llegar a la creación de nuevas especies, por ejemplo mediante la hibridación y la cría de cepas aisladas desde el punto de vista reproductivo. Se ha documentado de forma masiva la manera en que los rasgos anatómicos, fisiológicos y de comportamiento adaptan los organismos a su ambiente. El registro fósil de los homínidos, desde los monos-hombre hasta los modernos seres humanos, aunque carece todavía de muchos detalles, es sólido en sus líneas generales, con una cronología bien establecida.

En los términos más simples, la evolución mediante selección natural funciona, como el biólogo francés Jacques Monod señaló una vez (parafraseando a Demócrito), mediante azar y necesidad. Diferentes formas del mismo gen, llamadas alelos, se originan por mutaciones, que son cambios aleatorios en las largas secuencias de ADN (ácido desoxirribonucleico) que componen el gen. Además de tales desórdenes puntuales del ADN, en cada generación se crean nuevas mezclas de alelos por los procesos de recombinación de la reproducción sexual. Los alelos que aumentan la supervivencia y la reproducción de los organismos portadores se extienden por la población, mientras que los que no lo hacen, desaparecen. Las mutaciones al azar son la materia prima de la evolución. El desafío ambiental, que decide qué mutantes y sus combinaciones sobrevivirán, es la necesidad que nos moldea adicionalmente a partir de esta arcilla proteica genética.

Si se les conceden suficientes generaciones, las mutaciones y las recombinaciones pueden generar una cantidad casi infinita de variación hereditaria entre los individuos de una población. Por ejemplo, solo con que 1000 genes, de los 50 000 a 100 000 del genoma humano, existieran en dos formas en la población, el número de combinaciones genéticas concebibles sería de $10^{500}$, más que todos los átomos en el universo visible. De manera que, excepto para los gemelos idénticos, la probabilidad

de que dos seres humanos cualesquiera compartan genes idénticos, o los hayan compartido en algún momento a lo largo de la historia del linaje homínido, es extraordinariamente pequeña.

Con cada generación los cromosomas y los genes de los progenitores se entremezclan para producir nuevas combinaciones. Pero esta poda y reconfiguración constantes no producen evolución por sí solas. La fuerza constante y conductora es la selección natural. Los genes que confieren una supervivencia superior y el éxito reproductor a los organismos que los portan, mediante los rasgos prescritos en la anatomía, la fisiología y el comportamiento, aumentan en la población de una generación a la siguiente. Los que no, disminuyen. De manera similar, poblaciones o incluso especies enteras con una mayor supervivencia y mayor éxito reproductor prevalecen sobre las poblaciones o especies en competencia, con el mismo resultado final en la evolución.

Tal es la fuerza impersonal que evidentemente nos hizo lo que somos en la actualidad. Toda la biología, desde la molecular a la evolutiva, señala en esta dirección. A riesgo de parecer que estoy a la defensiva, me veo obligado a reconocer que muchas personas, algunas de ellas muy cultas, prefieren la creación especial como explicación al origen de la vida. Según una encuesta que realizó el Centro Nacional de Investigaciones sobre la Opinión, en 1994, el 23% de los estadounidenses rechazan la idea de la evolución humana, y un tercio más están indecisos. Es improbable que esta pauta varíe de forma radical en los años del futuro inmediata. Puesto que me crie en una cultura predominantemente antievolucionista en los Estados Unidos meridionales protestantes, me siento inclinado a sentir empatía hacia estos sentimientos y a ser conciliador. Todo es posible, puede decirse, si uno cree en milagros. Quizá Dios creó todos los organismos, incluidos los seres humanos, en su forma acabada, de un plumazo, y quizá todo pasó hace unos cuantos miles de años. Pero si esto es verdad, también sazonó la Tierra con indicios falsos de forma tan detallada y exquisita, y de manera tan exhaustiva de polo a polo, como para hacernos llegar a la conclusión, primero, de que la vida evolucionó y, segundo, que el proceso tomó miles de millones de años. Ciertamente, las Sagradas Escrituras nos dicen que Él no haría eso. El primer motor del Viejo y del Nuevo Testamento es, a la vez, benigno, autoritario, negador, atronadoramente colérico y misterioso, pero nunca tramposo.

Prácticamente todos los biólogos que están familiarizados con los detalles encuentran que los indicios de la evolución humana son convincentes, y confieren a la selección natural el papel principal. Sin embargo, existe al menos otra fuerza que debe mencionarse en cualquier referencia a la evolución. Los biólogos aceptan que, solo por puro azar, están teniendo lugar sustituciones en algunas de las letras del ADN y en las proteínas que codifican, a lo largo de grandes períodos de tiempo. La continuidad del cambio es a veces lo suficientemente suave como para medir la edad de las distintas estirpes de organismos en evolución. Pero esta deriva genética, como

se la denomina, añade muy poco a la evolución al nivel de las células, organismos y sociedades. La razón es que los mutantes implicados en la deriva han resultado ser neutros, o casi: no tienen ningún efecto, o muy poco, en los niveles superiores de organización biológica manifestados en células y organismos.

Para plantear el asunto de la manera más concisa posible, a la evolución genética la selección natural ha añadido la ruta paralela de la evolución cultural, y de alguna manera las dos formas de evolución están conectadas. Estamos atrapados, a veces pensamos, para el bien o el mal último, no solo por nuestros genes, sino también por nuestra cultura. ¿Qué es, precisamente, este superorganismo, esta extraña criatura llamada cultura? Los antropólogos, que han analizado miles de ejemplos, debieran tener el privilegio de la respuesta. Para ellos, una cultura es el modo de vida total de una sociedad discreta: su religión, mitos, arte, tecnología, deportes y todo el restante conocimiento sistemático transmitido a través de generaciones. En 1952, Alfred Kroeber y Clyde Kluckhohn fusionaron 164 definiciones anteriores pertenecientes a todas las culturas en una sola, que es la siguiente: «La cultura es un producto; es histórica; incluye ideas, pautas y valores; es selectiva; es aprendida; se basa en símbolos; y es una abstracción del comportamiento y de los productos del comportamiento». Como Kroeber había declarado previamente, también es holística, «una acomodación de partes discretas, partes que en su gran mayoría afluyen desde el exterior, en un ajuste más o menos practicable». Entre las partes hay artefactos, pero estos objetos físicos no tienen significado excepto cuando se consignan como conceptos en las mentes vivas.

En la visión criancista extrema, que ha prevalecido en la teoría social durante la mayor parte del siglo XX, la cultura se ha separado de los genes y se ha convertido en una cosa por sí sola. Al poseer una vida propia y al crecer como un fuego griego generado por una cerilla, ha adquirido propiedades emergentes que ya no están conectadas con los procesos genéticos y fisiológicos que lo iniciaron. De ahí que «omnis cultura ex cultura»: ‘Toda la cultura procede de la cultura’.

Se acepte o no tal metáfora, la verdad innegable es que cada sociedad crea cultura y es a su vez creada por ella. Mediante el constante acicalamiento, decoración, intercambio de regalos, el compartir la comida y brebajes fermentados, música y narraciones, la vida comunal simbólica de la mente toma forma, unificando el grupo en un mundo onírico que domina la realidad externa a la que el grupo se ha visto empujado, ya sea en el bosque, la pradera, el desierto, el campo de hielo o la ciudad, hilando a partir de ella las redes de consenso moral y ritual que liga a cada miembro de la tribu con el destino común.

La cultura se construye con lenguaje que es productivo, que comprende palabras y símbolos arbitrarios inventados únicamente para transmitir información. En este sentido, el *Homo sapiens* es único. Los animales poseen sistemas de comunicación que a veces son refinados hasta lo impresionante, pero nunca los inventan ni los

enseñan a otros. Con unas pocas excepciones, como los dialectos de los cantos de los pájaros, son instintivos, y por lo tanto invariables a través de las generaciones. La danza de contoneo de la abeja melífera y los senderos de olor de las hormigas contienen elementos simbólicos, pero las actuaciones y los significados están rígidamente prescritos por los genes y no pueden ser alterados por el aprendizaje.

Entre los animales, los grandes simios son los que más se acercan a la verdadera capacidad lingüística. Chimpancés y gorilas pueden aprender el significado de símbolos ordinarios cuando se les adiestra a utilizar teclados de señales. Su campeón es Kanzi, un bonobo o chimpancé enano (*Pan paniscus*) que es sin duda el animal más listo que se haya observado nunca en cautividad. Conocí a este genio entre los primates cuando era un precoz jovenzuelo en el Centro Regional de Primates Yerkes de la Universidad de Emory, en Atlanta. Había sido estudiado de forma intensiva desde su nacimiento por Sue Savage-Rumbaugh y sus colegas. Mientras jugaba y compartía con él un vaso de zumo de pomelo, me sorprendió no poco su conducta general, que encontré extrañamente parecida a la de un niño humano de dos años de edad. Más de una década después, cuando escribo esto, el Kanzi adulto ha adquirido un vocabulario extenso, con el que señala sus deseos e intenciones en un teclado de símbolos e imágenes. Construye frases que son correctas desde el punto de vista léxico, aunque no lo sean desde el gramático. En una ocasión, por ejemplo, *Hielo agua ven* («Tráeme algo de agua helada») le proporcionó la bebida. Ha conseguido incluso reconocer, de manera espontánea, unas 150 palabras habladas en inglés, oyendo conversaciones entre seres humanos, sin el tipo de adiestramiento que necesitan los collies fronterizos y otras razas inteligentes de perros para realizar los muchos trucos que son capaces de hacer. En otra ocasión, Savage-Rumbaugh, señalando a otro chimpancé que había en las inmediaciones, dijo: «Kanzi, si le das a Austin tu máscara, dejaré que tomes parte de los cereales de Austin». Kanzi le dio de inmediato la máscara a Austin y señaló hacia la caja de cereales. Este bonobo ha actuado con demasiada frecuencia en función de las palabras de manera centrada y específica para que la conexión se deba solo al azar. Aún así, Kanzi solo utiliza las palabras y símbolos que le suministran los seres humanos. Su capacidad lingüística no ha llegado aún al nivel de la primera infancia en el hombre.

Los bonobos y otros grandes simios poseen niveles de inteligencia elevados para un animal, pero carecen de la singular capacidad humana de inventar en lugar de usar simplemente el lenguaje simbólico. Además, los chimpancés comunes son parecidos a los seres humanos en astucia y engaño, los maestros animales de la «inteligencia maquiavélica». Como Frans de Waal y sus colegas primatólogos han observado en animales libres en África y en el zoológico de Arnhem, en Holanda, forman y deshacen coaliciones, manipulan a los amigos y burlan a los enemigos. Sus intenciones son transmitidas mediante señales vocales y posturas, movimientos corporales, expresiones faciales y el erizamiento del pelaje. Pero, a pesar de la gran ventaja que un lenguaje productivo y parecido al humano les conferiría, los

chimpancés no crean nunca nada que se le parezca, ni ninguna otra forma de lenguaje simbólico libre.

En realidad, los grandes simios permanecen silenciosos durante la mayor parte del tiempo. El primatólogo Alien Gardner describió como sigue su experiencia en Tanzania: «Un grupo de diez chimpancés salvajes de edades y sexos diversos, que comen pacíficamente en una higuera de Gombe, pueden hacer tan poco ruido que un observador no experimentado que pase bajo el árbol puede no detectarlos en absoluto».

En cambio, puede decirse legítimamente que el *Homo sapiens* es el simio parlanchín. Los seres humanos se comunican de continuo verbalmente; es mucho más fácil hacer que comiencen a hablar que hacerlos callar. Empiezan en la infancia, durante intercambios con los adultos, que les apremian con el sonsonete lento, rico en vocales y emocionalmente exagerado que se ha denominado *motherese*[25]. Si se les deja solos, continúan con «habla de cuna», compuesta por chillidos, arrullos y monosílabos sin sentido, que a los pocos meses evolucionan en un juego complejo de palabras y frases. Estos repertorios verbales tempranos, que se ajustan más o menos a vocabularios adultos, se repiten *ad nauseam*, modificados y combinados en mezclas experimentales. A los cuatro años de edad, el niño promedio domina ya la sintaxis. A los seis, al menos en Estados Unidos, posee un vocabulario de unas catorce mil palabras. En cambio, los jóvenes bonobos juegan y experimentan libremente con movimientos y sonidos, y a veces con símbolos; pero hasta el presente el avance hasta el nivel de Kanzi depende del rico entorno lingüístico que proporcionan los adiestradores humanos.

Aunque los grandes simios carezcan de verdadero lenguaje, ¿es posible que posean cultura? A partir de los indicios de campo parece que la tienen, y muchos observadores expertos han llegado a tal conclusión. Los chimpancés salvajes inventan y utilizan utensilios de manera regular. Y el tipo particular de artefactos que inventan, tal como ocurre en la cultura humana, suele estar limitado a poblaciones locales. Si un grupo rompe las nueces con una piedra, otro las casca golpeándolas contra el tronco de un árbol. Mientras que algunos grupos utilizan palitos para «pescar» hormigas y termes de sus nidos para comérselas, otros no lo hacen. Entre los que capturan hormigas y termes, una minoría pelan primero la corteza de los palitos. Se ha observado un grupo de chimpancés utilizando ramas largas y ganchudas para alcanzar las ramas altas de las higueras y obtener sus frutos.

A partir de tales observaciones, es natural llegar a la conclusión de que los chimpancés poseen los rudimentos de cultura, y suponer que su capacidad difiere de la cultura humana solo en categoría. Pero es necesario aceptar con cautela esta percepción: puede que los inventos de los chimpancés no sean cultura en ningún sentido. Los indicios todavía escasos sobre el tema sugieren que, aunque los chimpancés aprenden rápidamente el uso de un utensilio cuando ven a otros utilizando uno, raramente imitan los movimientos precisos empleados ni muestran

ningún signo evidente de comprender el propósito de la actividad. Algunos observadores han llegado a decir que, simplemente, se ven incitados a una mayor actividad al observar a otros. Este tipo de respuesta, a la que los zoólogos denominan facilitación social, es común en muchos tipos de animales sociales, desde las hormigas a las aves y los mamíferos. Aunque los indicios no son todavía concluyentes, la facilitación social por sí sola, combinada con la manipulación mediante prueba y error de materiales situados convenientemente a mano, podría guiar a los chimpancés hacia el comportamiento de uso de utensilios en las poblaciones africanas que viven en libertad.

Los niños, en cambio, sí que se dedican a la imitación precisa, y con una precocidad asombrosa. Tan solo cuarenta minutos después del nacimiento, para citar el último ejemplo, sacan la lengua y mueven su cabeza a uno y otro lado en estrecho concierto con los adultos. A los doce días imitan expresiones faciales complejas y gestos de la mano. A los dos años puede instruírseles verbalmente en el uso de herramientas sencillas.

En resumen, el instinto del lenguaje consiste en la imitación precisa, la locuacidad compulsiva, el dominio casi automático de la sintaxis y la veloz adquisición de un vocabulario extenso. El instinto es un rasgo humano diagnóstico y evidentemente único, basado en un poder mental que se halla fuera del alcance de ninguna especie animal, y es la precondición para una verdadera cultura. Saber cómo se originó el lenguaje a lo largo de la evolución sería un descubrimiento de importancia mayúscula. Por desgracia, los indicios del comportamiento rara vez se fosilizan. Todos los milenios de parloteo y gesticulación en el lugar de acampada, y con ellos todos los pasos lingüísticos dados desde nuestros antepasados parecidos a los chimpancés, han desaparecido sin dejar rastro.

Lo que los paleontólogos tienen, en cambio, son huesos fósiles, que cuentan la migración hacia abajo y el alargamiento de la laringe, así como posibles cambios en las regiones lingüísticas del cerebro según la impresión que dejan sobre el interior de la caja craneana. También poseen indicios, que mejoran continuamente, sobre la evolución de artefactos, desde el uso controlado del fuego hace 450 000 años, presumiblemente por parte de la especie ancestral *Homo erectus*, hasta la construcción de utensilios bien labrados por los primeros *Homo sapiens*, hace 250 000 años en Kenia, y después puntas de lanza y dagas trabajadas 160 000 años más tarde en el Congo, y finalmente las pinturas complejas y los pertrechos de rituales de hace 30 000 a 20 000 años en Europa meridional.

Este ritmo en la evolución de la cultura artefactual es intrigante. Sabemos que el cerebro del *Homo sapiens* moderno estaba completamente formado desde el punto de vista anatómico no menos de 100 000 años antes de la actualidad. Desde esta época en adelante, la cultura material evolucionó primero lentamente, después se expandió y finalmente explotó. Pasó de un puñado de utensilios de piedra y hueso a principios del intervalo, a los campos agrícolas y las aldeas en el punto que supone el 90% de

este lapso, y después (en prácticamente un abrir y cerrar de ojos) a tecnologías prodigiosamente complejas (un ejemplo: cinco millones de patentes hasta la actualidad únicamente en Estados Unidos). En esencia, la evolución cultural ha seguido una trayectoria exponencial. Y nos deja un misterio: ¿cuándo surgió el lenguaje simbólico, y de qué manera exactamente inflamó la exponenciación de la evolución cultural?

Por desgracia, este gran enigma de la paleontología humana parece insoluble, al menos por el momento. Para seguir con la pista de la coevolución entre los genes y la cultura, es mejor dejar la reconstrucción del registro prehistórico y continuar con la producción de cultura por el cerebro humano contemporáneo. Creo que el mejor enfoque que nos queda es buscar la unidad básica de la cultura. Aunque no se ha identificado todavía un tal elemento, al menos para satisfacción general de los expertos, pueden inferirse de manera razonable su existencia y algunas de sus características.

Centrarse en este aspecto puede parecer en principio forzado y artificial, pero tiene muchos precedentes valiosos. El gran éxito de las ciencias naturales se ha conseguido sustancialmente por la reducción de cada fenómeno físico a sus elementos constituyentes, seguida por el uso de los elementos para reconstruir las propiedades holísticas del fenómeno. Los avances en la química de las macromoléculas, por ejemplo, condujeron a la caracterización exacta de los genes, y el estudio de la biología de poblaciones basada en los genes ha refinado nuestra comprensión de las especies biológicas.

¿Cuál es, pues, si es que existe tal cosa, la unidad básica de la cultura? ¿Por qué habría que suponer que existe, para empezar? Considérese en primer lugar la distinción que hizo el neurocientífico canadiense Endel Tulving en 1972 entre memoria episódica y semántica. La memoria episódica rememora la *percepción* directa de personas y otras entidades concretas a través del tiempo, como imágenes vistas en una película. La memoria semántica, en cambio, recuerda el *significado* por la conexión de objetos e ideas con otros objetos e ideas, ya sea directamente por las imágenes que de ellos se tiene en la memoria episódica o por los símbolos que denotan las imágenes. Desde luego, la memoria semántica se origina en episodios y casi de manera invariable hace que el cerebro rememore otros episodios. Pero el cerebro tiene una fuerte tendencia a condensar episodios repetidos de un tipo en conceptos, que entonces se representan mediante símbolos. Así, «Por aquí se va al aeropuerto» da preferencia a la silueta de un avión y una flecha, y «Esta sustancia es venenosa» se convierte en una calavera con un par de huesos cruzados en el costado de un contenedor.

Después de haber distinguido las dos formas de memoria, el siguiente paso en la búsqueda de la unidad de cultura es imaginar conceptos como «nodos», o puntos de referencia, en la memoria semántica que en último término pueden asociarse a

actividad neural en el cerebro. Los conceptos y sus símbolos suelen ser identificados mediante palabras. De este modo la información compleja se organiza y se transmite mediante lenguaje compuesto por palabras. Los nodos están casi siempre conectados a otros nodos, de manera que recordar un nodo supone invocar a otros. Esta conexión, con toda la coloración emocional que arranca, es la esencia de lo que denominamos significado. La conexión de nodos se ensambla como una jerarquía para organizar la información cada vez con mayor significado. «Sabueso», «liebre» y «perseguir» son nodos, cada uno de los cuales simboliza una clase de imágenes más o menos similares. Un sabueso que persigue a una liebre se denomina proposición, el orden siguiente de complejidad en la información. El orden superior por encima de la proposición es el esquema. Un esquema típico es el relato de Ovidio del galanteo de Apolo a Dafne, como un sabueso imparable en persecución de una liebre inalcanzable, dilema que se resuelve cuando Dafne, la liebre y un concepto, se transforma en un laurel, otro concepto alcanzado por una proposición.

Tengo fe en que los imparables neurocientíficos no se encontrarán en tal dilema. A su debido tiempo captarán la base física de los conceptos mentales a través de la cartografía de las pautas de actividad neural. Ya tienen indicios directos de la «activación expansiva» de diferentes partes del cerebro durante la búsqueda de la memoria. En la opinión generalizada de los investigadores, la información nueva se clasifica y se almacena de una manera similar. Cuando se añaden a la memoria nuevos episodios y conceptos, son procesados por una búsqueda expansiva, a través de los sistemas límbico y cortical, que establece contactos con los nodos previamente creados. Los nodos no son centros espacialmente aislados conectados a otros centros aislados. Son, típicamente, circuitos complejos de gran número de neuronas desplegadas sobre áreas amplias y superpuestas del cerebro.

Suponga el lector, por ejemplo, que se le ofrece una fruta que desconoce. Automáticamente, la clasifica por su aspecto físico, su olor, su gusto y las circunstancias en las que se le da. En cuestión de segundos se activa una gran cantidad de información, no solo la comparación de la fruta que tiene en la mano con otros tipos, sino también las sensaciones emocionales, los recuerdos de descubrimientos previos de naturaleza similar, y memorias de hábitos dietarios que parezcan apropiados. El fruto (con todas sus características combinadas) recibe un nombre. Considérese el durián del sudeste asiático, que los fanáticos consideran el mejor de todos los frutos tropicales. Parece un pomelo espinoso, su sabor es dulce con un matiz momentáneo de natilla, y cuando se mantiene alejado de la boca huele como una cloaca. La experiencia de un fruto único establece, puedo asegurarlo, el concepto «durián» para toda una vida.

Puede suponerse razonablemente que los elementos naturales de la cultura pueden ser los componentes dispuestos de manera jerárquica de la memoria semántica, codificados por circuitos neurales discretos a la espera de ser identificados. La noción de una unidad cultural, el elemento más básico de todos, ha estado presente por

treinta años, y diferentes autores lo han bautizado de maneras variadas: mnemotipo, idea, ideno, meme, sociogen, concepto, culturgen y tipo cultural. La única etiqueta que se ha hecho popular, y por la que ahora voto como ganadora, es meme, que Richard Dawkins introdujo en su influyente *El gen egoísta* en 1976.

Sin embargo, la definición de meme que sugiero es más centrada y algo distinta de la de Dawkins. Es la que propusimos el biólogo teórico Charles J. Lumsden y yo mismo en 1981, cuando esbozamos la primera teoría completa de coevolución entre genes y cultura. Recomendamos que la unidad de cultura (ahora denominada meme) fuera la misma que el nodo de memoria semántica y sus conceptos correlativos en la actividad cerebral. El nivel del nodo, ya sea concepto (la unidad mínima reconocible), proposición o esquema, determina la complejidad de la idea, comportamiento o artefacto que aquel ayuda a mantener en la cultura en general.

Me doy cuenta de que, con los avances en las neurociencias y la psicología, es probable que la noción de nodo como meme, y quizá incluso la distinción entre memoria episódica y semántica, den paso a taxonomías más refinadas y complejas. También soy consciente de que la asignación de la unidad de cultura a la neurociencia puede parecer a primera vista un intento de cortocircuitar la semiótica, el estudio formal de todas las formas de comunicación. Tal objeción estaría injustificada. Mi propósito en esta exposición es el contrario: establecer la plausibilidad del programa central de consiliencia, en este caso las conexiones causales entre la semiótica y la biología. Si pueden establecerse las conexiones de forma empírica, entonces los descubrimientos futuros relativos a los nodos de la memoria semántica aguzarán de forma correspondiente la definición de los memes. Tal avance enriquecerá la semiótica, no la sustituirá.

Admito que la expresión misma «de los genes a la cultura», como piedra angular conceptual del puente entre la ciencia y las humanidades, tiene una sensación etérea. ¿Cómo puede nadie presumir de hablar de un gen que prescribe cultura? La respuesta es que ningún científico serio lo ha hecho nunca. La red de acontecimientos causales que comprende la coevolución entre genes y cultura es más complicada… y muchísimo más interesante. Miles de genes prescriben el cerebro, el sistema sensorial y todos los demás procesos fisiológicos que interactúan con el ambiente físico y social para producir las propiedades holísticas de la mente y la cultura. Mediante la selección natural, el ambiente selecciona en último término qué genes harán la prescripción.

Por sus implicaciones en toda la biología y las ciencias sociales, no hay tema que, desde el punto de vista intelectual, sea más importante. Todos los biólogos hablan de la interacción entre herencia y ambiente. Excepto en el lenguaje simplificado del laboratorio, no hablan de un gen que «causa» un determinado comportamiento, y en cualquier caso nunca lo hacen en el sentido literal. Ello no tendría más sentido que su contrario, la idea de que el comportamiento surge de la cultura sin la intervención de

la actividad cerebral. La explicación aceptada de la causación de los genes a la cultura, así como de los genes a cualquier otro producto de la vida, no es solo hereditaria. Y no es solo ambiental. Es la interacción entre herencia y ambiente.

Desde luego, es interacción. Pero necesitamos más información sobre tal interacción con el fin de incluir la coevolución entre genes y cultura. El concepto fundamental y clarificador del interaccionismo es la *norma de reacción*. Es fácil captar la idea. Elíjase una especie de organismo, ya sea un animal, una planta o un microorganismo. Selecciónese un gen o un grupo de genes que actúan conjuntamente para afectar un rasgo particular. A continuación lístense todos los ambientes en los que la especie puede sobrevivir. Los distintos ambientes pueden o no causar variación en el rasgo prescrito por el gen o grupo de genes seleccionados. La variación total en el rasgo en todos los ambientes en los que la especie puede sobrevivir es la norma de reacción de aquel gen o grupo de genes en aquella especie.

El caso de libro de texto de una norma de reacción es la forma de la hoja en la saeta de agua, una planta anfibia. Cuando un individuo de esta especie crece en tierra, sus hojas se parecen a puntas de flecha. Cuando crece en agua somera, las hojas de la superficie tienen la forma redondeada de las hojas de los nenúfares; y cuando está sumergida en aguas más profundas, las hojas se desarrollan como cintas parecidas a las hojas de las fanerógamas marinas, que ondulan de un lado a otro en la corriente circundante. No hay diferencias genéticas conocidas entre las plantas que expliquen esta extraordinaria variación. Los tres tipos básicos son variaciones en la expresión del mismo grupo de genes causadas por ambientes distintos. Conjuntamente constituyen la norma de reacción de los genes que prescriben la forma de las hojas. En otras palabras, abarcan la variación completa en la expresión de los genes en todos los ambientes conocidos en los que la planta puede sobrevivir.

Cuando parte de la variación dentro de una especie se debe a diferencias en los genes que poseen distintos miembros de la especie, y no solo a diferentes ambientes, todavía pueden definirse, en principio, normas de reacción a su vez para cada uno de los genes o conjuntos de genes. La relación de variación en un rasgo a variación en los genes y sus normas de reacción se ilustra por el peso corporal humano. Existen abundantes pruebas de que la forma del cuerpo es influida por la herencia. Una persona genéticamente propensa a la obesidad debido a la herencia puede reducir su peso hasta una delgadez moderada si sigue un régimen adecuado, aunque tiene propensión a engordar de nuevo cuando abandona la dieta. En cambio, es probable que una persona hereditariamente delgada siga estándolo, y solo comer con exceso o un desequilibrio endocrino puede llevarla hacia la obesidad. Los genes relevantes de los dos individuos tienen distintas normas de reacción. Producen resultados distintos cuando ambos individuos ocupan ambientes idénticos, lo que incluye la dieta y el ejercicio. La manera más familiar de expresar el asunto es al revés, advirtiendo que los individuos que son distintos desde el punto de vista hereditario precisan ambientes diferentes, en particular diferentes dietas y regímenes de ejercicios, con el

fin de producir el mismo resultado.

El mismo tipo de interacción entre genes y ambiente tiene lugar en todas y cada una de las categorías de la biología humana, incluido el comportamiento social. En su importante libro de 1996, *Rebeldes de nacimiento*, el historiador social americano Frank J. Sulloway ha demostrado que las personas responden fuertemente durante el desarrollo de la personalidad al orden en el que nacieron, y con ello a los papeles que asumen en la dinámica familiar. Los últimos en nacer, que se identifican menos con los papeles y creencias de los padres, tienden a ser más innovadores y a aceptar mejor las revoluciones políticas y científicas que los primogénitos. Como resultado, y en promedio, han contribuido más que sus hermanos primogénitos al cambio cultural a lo largo de la historia. Lo hacen al orientar sus pasos hacia papeles independientes, a menudo rebeldes, primero en el seno de la familia y después de la sociedad en general. Puesto que los primogénitos y los ultimogénitos no difieren genéticamente en ninguna manera que esté correlacionada con el orden de su nacimiento, puede decirse que los genes que influyen sobre el desarrollo extienden sus efectos entre los diversos nichos disponibles en el ambiente. El efecto del orden de nacimiento que Sulloway documenta es su norma de reacción.

En algunas categorías de la biología, tales como los procesos moleculares más elementales y las propiedades de la anatomía general, casi todo el mundo posee los mismos genes que afectan a los rasgos en estas categorías, y con ello las mismas normas de reacción. Hace mucho tiempo, en la escala geológica, cuando estaban evolucionando las características verdaderamente universales, probablemente había variación en los genes prescriptores, pero la selección natural ha reducido desde entonces la variación casi hasta cero. Todos los primates, por ejemplo, tienen diez dedos en las manos y en los pies, y prácticamente no hay variación debida al ambiente; de modo que la norma de reacción es exactamente el estado único de diez dedos de las manos y diez dedos de los pies. Sin embargo, en muchas categorías las personas difieren en un grado considerable desde el punto de vista genético, incluso en rasgos que son lo suficientemente consistentes como para ser considerados proposiciones culturales universales. Con el fin de sacar el mayor partido de la variación, de cultivar la salud y el talento y de conseguir el potencial humano, es necesario comprender los papeles relativos de la herencia y el ambiente.

Por ambiente no quiero decir las circunstancias inmediatas en las que las personas se encuentran. Una fotografía instantánea no es suficiente. El significado que se requiere es el que utilizan los biólogos del desarrollo y los psicólogos. Son, nada más y nada menos, las múltiples influencias que modelan el cuerpo y la mente, paso a paso, a lo largo de todas y cada una de las fases de la vida.

Puesto que no es posible producir y criar a seres humanos en condiciones controladas como se hace con los animales, la información acerca de la interacción entre genes y ambiente es difícil de obtener. Se han localizado en los cromosomas relativamente pocos genes que afectan al comportamiento (algunos de los cuales

describiré a continuación), y apenas se han trazado las rutas exactas del desarrollo sobre las que influyen. Mientras tanto, la medida preferida de interacción es la *heredabilidad*, el porcentaje de variación en la característica que se debe a herencia. La heredabilidad no se aplica a individuos; solo se utiliza para poblaciones. Es incongruente decir: «La capacidad atlética de este corredor de maratón se debe en un 20% a sus genes y en un 80% a su ambiente». En cambio, *es* correcto afirmar, utilizando un ejemplo imaginario, que «El 20% de la variación en el rendimiento de los corredores kenianos de maratón se debe a su herencia, y el 80% a su ambiente». Para el lector que desee definiciones más precisas de la heredabilidad y la varianza, que es la medida de la variación que utilizan los estadísticos y los genetistas, las añadiré aquí:

La heredabilidad, desprovista de refinamientos matemáticos, se estima como sigue. En una muestra de individuos de la población, mídase el rasgo de una manera normalizada, por ejemplo el rendimiento aeróbico en una cinta de movimiento continuo para andar, para representar la resistencia. Tómese la variación en la medida entre los individuos de la muestra, y estímese la variación debida a herencia. Dicha fracción es la heredabilidad. La medida de la variación utilizada es la varianza. Para obtenerla, tómese primero la puntuación media obtenida por los individuos de la muestra. Réstese de dicha media la puntuación de cada individuo, y elévese la diferencia al cuadrado. La varianza es el promedio de todas las diferencias al cuadrado.

El principal método para estimar la fracción de variación debida a los genes (la heredabilidad) es el estudio de gemelos. Los gemelos idénticos, que poseen exactamente los mismos genes, se comparan con gemelos fraternos, que por término medio comparten solo el mismo número de genes que el número que comparten los hermanos nacidos en momentos diferentes. Los gemelos fraternos son, de manera consistente, menos parecidos que los gemelos idénticos, y la diferencia entre pares de gemelos fraternos y pares de gemelos idénticos sirve como una medida aproximada de la contribución de la herencia a la variación global del rasgo. Puede mejorarse considerablemente el método mediante estudios de aquellos pares especiales de gemelos idénticos que fueron separados durante la infancia y fueron adoptados por familias distintas, de modo que poseían la misma herencia pero fueron criados en ambientes diferentes. Mejora todavía más mediante estudios de correlación múltiple, en los que se identifican las influencias ambientales clave y se establece de manera individual su contribución relativa a la variación global.

La heredabilidad ha sido una medida normalizada durante décadas en el cultivo de plantas y la cría de animales. Recientemente ha obtenido una cierta atención, controvertida, por sus aplicaciones al ser humano, debido a *The Bell Curve*, el libro de 1994 de Richard J. Herrnstein y Charles Murray, así como otros textos populares sobre la herencia de la inteligencia y la personalidad. La medida tiene un mérito considerable, y en realidad es la columna vertebral de la genética del comportamiento humano. Pero contiene rarezas que merecen que se les dedique una atención estricta con referencia a la consiliencia entre la genética y las ciencias sociales. La primera es el giro peculiar denominado «correlación genotipo-ambiente», que sirve para

aumentar la diversidad humana más allá del ámbito de sus orígenes biológicos inmediatos. Esta peculiaridad funciona como sigue. Las personas no solo seleccionan papeles adecuados a sus talentos y personalidades innatas. También orientan sus pasos hacia ambientes que recompensan sus inclinaciones hereditarias. Es asimismo probable que sus padres, que poseen características innatas similares, creen una atmósfera familiar que favorezca el desarrollo en la misma dirección. En otras palabras, los genes ayudan a crear un ambiente particular en el que encontrarán una mayor expresión que la que tendrían de otra manera. El resultado total es una mayor divergencia de los papeles dentro de las sociedades debido a la interacción entre genes y ambiente. Por ejemplo, un niño con dotes musicales, que en casa reciba el apoyo de los adultos, puede empezar a tocar un instrumento en una época temprana de su vida y pasarse muchas horas practicando. Su compañero de clase, que, de modo innato y persistente, es impulsivo, agresivo y amante de las emociones, se siente atraído por los coches rápidos. El primer niño crece hasta convertirse en un músico profesional, el segundo (si consigue librarse de otros problemas) será un piloto de coches de carreras con éxito. Las diferencias hereditarias de talento y personalidad entre los compañeros de clase pueden ser pequeñas, pero sus efectos han sido amplificados por las rutas divergentes a las que dichas diferencias los condujeron. Para poner en una frase la correlación entre genotipo y ambiente, la heredabilidad medida al nivel de la biología reacciona con el ambiente para incrementar la heredabilidad medida al nivel del comportamiento.

Comprender la correlación entre genotipo y ambiente clarifica un segundo principio de la relación de los genes con la cultura. No existe un gen para tocar bien el piano, o incluso un «gen Rubinstein» concreto para tocarlo muy bien. Lo que existe, en cambio, es un gran conjunto de genes cuyos efectos aumentan la destreza manual, la creatividad, la expresión emotiva, el foco, el ámbito de la atención, y el control del tono, del ritmo y del timbre. Todos ellos, conjuntamente, componen la capacidad humana especial que el psicólogo americano Howard Gardner denomina inteligencia musical. La combinación inclina asimismo al niño genial a aprovechar la oportunidad adecuada en el momento preciso. Prueba un instrumento musical, que es probable que le hayan proporcionado padres dotados desde el punto de vista musical, se ve posteriormente reforzado por los elogios merecidos, repite, es reforzado de nuevo, y pronto adopta lo que será la preocupación fundamental de su vida.

Otra peculiaridad importante de la heredabilidad es su flexibilidad. Por el simple expediente de cambiar el ambiente, el porcentaje de variación debido a la herencia puede aumentarse o reducirse. Las puntuaciones correspondientes a heredabilidad en el coeficiente de inteligencia y en características medibles de la personalidad en americanos blancos, un segmento de la población que se suele escoger por conveniencia y con el fin de aumentar la fiabilidad estadística al hacer la muestra más uniforme, caen en su mayoría alrededor del 50% de la nota, al menos más cerca de este que del cero o del 100%.

¿Queremos cambiar estos números? Creo que no, al menos no como un objetivo primordial. Imagínese el resultado si una sociedad se hiciera verdaderamente igualitaria, de manera que todos los niños se educaran en circunstancias casi idénticas y se les animara a dedicarse a cualquier ocupación que eligieran dentro del alcance de sus capacidades. La variación en ambiente se vería así drásticamente reducida, mientras que las capacidades innatas originales y los rasgos de personalidad resistirían. En tal sociedad la heredabilidad aumentaría. Cualesquiera divisiones de clase socioeconómicas que persistieran llegarían a reflejar la herencia como nunca ha ocurrido antes.

Supóngase, en cambio, que se comprobara la capacidad de todos los niños a una edad temprana y que se les encarrilara de manera que la educación que recibieran reflejara sus puntuaciones, con la finalidad de dirigirlos a las ocupaciones más apropiadas para sus dotes. En este Mundo Feliz la variación ambiental aumentaría y la capacidad innata se mantendría igual[26]. Si las notas, y con ellas los ambientes, reflejaran los genes, la heredabilidad aumentaría. Finalmente, imagínese una sociedad con la política inversa: la uniformidad del resultado se valora por encima de todo. Los niños dotados son desanimados y a los niños torpes se les proporciona una instrucción personal intensiva en un esfuerzo para llevar a todos al mismo nivel en capacidades y logros. Debido a que, para conseguir tal objetivo, hace falta una amplia gama de ambientes a medida, la heredabilidad se reduciría.

Tales sociedades idealizadas se plantean no para recomendar ninguna de ellas (todas hieden a totalitarismo), sino para clarificar el significado social de esta importante fase de la investigación genética. La heredabilidad es una buena medida de la influencia de los genes en la variación en los ambientes existentes. Es inestimable a la hora de establecer la presencia de los genes, para empezar. Hasta la década de 1960, por ejemplo, se creía que la esquizofrenia era un resultado de lo que los padres, en especial las madres, hacen a sus hijos en los primeros tres años de su vida. Hasta la década de 1970 se creía asimismo que el autismo era un trastorno ambiental. Ahora, gracias a los estudios de heredabilidad, sabemos que en ambas discapacidades los genes desempeñan un papel significativo. En el sentido contrario, antaño se suponía que el alcoholismo era en gran parte heredado, tanto es así que no se realizaron estudios serios de heredabilidad hasta la década de 1990. Ahora sabemos que el alcoholismo es solo ligeramente heredable en los machos y que apenas lo es en las hembras.

Aún así, excepto por las raras condiciones de comportamiento que se acercan a la determinación genética total, las heredabilidades son todo lo más pronosticadores aventurados de la capacidad personal en los ambientes actuales y futuros. Los ejemplos que he citado ilustran asimismo el peligro de utilizarlas como medida de la valía tanto de los individuos como de las sociedades. El mensaje de los genetistas a los intelectuales y políticos es este: elija la sociedad que desea promover, y después prepárese a vivir con sus heredabilidades. No favorezca nunca lo contrario, es decir,

la promoción de políticas sociales simplemente para cambiar las heredabilidades. Para obtener mejores resultados, cultive individuos, no grupos.

He puesto en juego estas ideas procedentes de la genética con el fin de clarificar las diferencias fastidiosas entre los partidarios de la crianza y los que prefieren la naturaleza, y para intentar establecer un terreno común entre ellos. Hasta que esto no se consiga, la búsqueda de consiliencia corre el riesgo de verse desviada por altercados ideológicos sin fin, con adversarios que promueven programas políticos y sociales diferentes y que los hacen públicos sin tener en cuenta los de los demás. Los criancistas ponen tradicionalmente el énfasis en las contribuciones del ambiente al comportamiento, mientras que los hereditaristas lo ponen en los genes. (A veces a los criancistas se les denomina ambientalistas, pero los conservacionistas o protectores del ambiente se han adelantado en el uso de tal etiqueta; y no puede llamarse naturalistas a los hereditaristas, a menos que dicten desnudos sus conferencias[27]). Redefinidos con los conceptos más precisos de la genética, ahora puede verse que los criancistas creen que los genes del comportamiento humano tienen normas de reacción muy amplias, mientras que los hereditaristas piensan que las normas son relativamente estrechas. En este sentido, la diferencia entre las dos opiniones es así de grado, no de clase. Se convierte en un asunto que puede zanjarse y sobre el que puede llegarse a un acuerdo de manera empírica, si acaso los adversarios se ponen de acuerdo en adoptar un enfoque objetivo.

Asimismo, los criancistas han pensado tradicionalmente que la heredabilidad de la inteligencia y de los rasgos de la personalidad es baja, mientras que los hereditaristas han considerado que es alta. Este desacuerdo se ha resuelto en gran parte. Al menos en caucásicos contemporáneos de Europa y de Estados Unidos, la heredabilidad se suele situar en el término medio, variando su valor exacto de un rasgo a otro.

Los criancistas creen que la cultura es retenida con una traílla genética muy larga, si es que es realmente retenida, de manera que las culturas de sociedades diferentes pueden divergir unas de otras de manera indefinida. Los hereditaristas creen que la traílla es corta, lo que hace que las culturas desarrollen características principales que son comunes. Este problema es menos tratable técnicamente que los dos primeros, pero también es de naturaleza empírica, y en principio puede resolverse. Volveré a él dentro de poco y ofreceré varios ejemplos que ilustran de qué manera puede llegarse, efectivamente, a una resolución.

Al menos, existe ya un cierto terreno común sobre el que empezar a construir. Criancistas y hereditaristas suelen, por lo general, estar de acuerdo en que es probable que casi todas las diferencias entre culturas sean el producto de la historia y del ambiente. Mientras que *dentro* de una sociedad determinada en los individuos varían mucho los genes de comportamiento, las diferencias se desdibujan casi por completo estadísticamente *entre* sociedades. La cultura de los cazadores recolectores del

Kalahari es muy diferente de la de los parisinos, pero las diferencias entre ellos resultan primariamente de una divergencia en la historia y el ambiente, y no son genéticas en su origen.

Aunque admito que la clarificación de las normas de reacción y de la heredabilidad es un poco técnica y seca, es el primer paso crucial para desenmarañar los papeles respectivos de la herencia y el ambiente en el comportamiento humano, y por lo tanto es importante para obtener la consiliencia de la biología con las ciencias sociales. El siguiente paso lógico es la localización de los genes que afectan al comportamiento. Una vez se hayan cartografiado los genes en los cromosomas y se hayan identificado sus rutas de expresión, podrá seguirse de forma más precisa su interacción con el ambiente. Cuando se hayan definido muchas de tales interacciones, se puede trenzar de nuevo el conjunto para intentar una imagen más completa del desarrollo mental.

La situación actual en la genética del comportamiento humano, incluyendo las dificultades en la cartografía genética, que siguen siendo formidables, queda ilustrada por el estudio de la esquizofrenia. Esta psicosis, la más común de todas, aflige a un poco menos del 1% de las personas en poblaciones de todo el mundo. Los síntomas de la esquizofrenia son muy variables de una persona a otra. Pero comparten un rasgo diagnóstico: actividad mental que, de forma consistente, rompe con la realidad. En algunos casos el paciente cree que es un gran personaje (el Mesías es una elección popular), o bien el objetivo de una conspiración ingeniosa y generalizada. En otros, sufre alucinaciones de voces o visiones, que suelen ser extrañas, como si de un sueño se tratara, mientras está completamente despierto.

En 1995, grupos independientes de científicos realizaron tres descubrimientos mientras hurgaban en los orígenes físicos de la esquizofrenia. Neurobiólogos de la Universidad de California en Irvine descubrieron que durante el desarrollo fetal algunas neuronas de la corteza prefrontal de futuros esquizofrénicos no consiguen comunicar con otras células que son necesarias para los intercambios normales con el resto del cerebro. En concreto, las células son incapaces de fabricar las moléculas de ARN mensajero que conducen la síntesis del neurotransmisor GABA, el ácido gamma aminobutírico. Al faltar el GABA, las neuronas no pueden funcionar, aunque su aspecto es normal. De alguna manera todavía desconocida, el deterioro promueve construcciones mentales internas sin conexión alguna con los estímulos externos o el pensamiento racional ordinario. El cerebro crea un mundo propio, como si estuviera bloqueado en pleno sueño.

El mismo año, un segundo equipo de la Universidad de Cornell y dos centros médicos de investigación en Inglaterra informaron de la primera observación directa de actividad cerebral en pacientes esquizofrénicos que alucinaban. Utilizando imágenes de tomografía de emisión de positrones (TEP), los investigadores hicieron el seguimiento de lugares activos en los sistemas de la corteza y límbico de pacientes durante períodos de actividad normal y de actividad psicótica. En un caso, observaron

cómo se iluminaba el cerebro de un paciente mientras (según su testimonio) cabezas sin cuerpo giraban por su mente ladrando órdenes. La región responsable de los acontecimientos más anormales es la corteza cingulada anterior, región que se piensa que regula otras porciones de la corteza cerebral. Es evidente que su funcionamiento defectuoso reduce la integración de información externa y provoca una confabulación errática, parecida a un sueño, en el cerebro despierto.

¿Cuál es la causa última de la esquizofrenia? Durante años, los datos procedentes de estudios de gemelos y de historias familiares han sugerido que el trastorno tiene al menos un origen parcialmente genético. Los primeros intentos de localizar los genes responsables erraron el tiro; de manera provisional, se identificaron cromosomas concretos como lugares de los genes de la esquizofrenia, pero estudios ulteriores no consiguieron duplicar los resultados. En 1995, cuatro grupos de investigación independientes, utilizando técnicas avanzadas de cartografiado genético en muestras grandes de individuos, colocaron al menos un gen responsable de la esquizofrenia en el brazo corto del cromosoma 6. (Los seres humanos poseen 22 pares de cromosomas, además de los cromosomas sexuales Y y X; a cada uno de los pares de cromosomas se le asigna arbitrariamente un número distinto como referencia fácil). Otros dos grupos no consiguieron confirmar el resultado, pero mientras estoy escribiendo esto dos años después, el peso de la evidencia procedente de las cuatro pruebas positivas combinadas ha llevado a la amplia aceptación de su conclusión con respecto a la situación probable de al menos uno de los genes de la esquizofrenia.

Estos avances recientes y otros han aclarado el camino hacia una eventual comprensión, no solo de una de las enfermedades mentales más importantes, sino de una pieza compleja del comportamiento humano. Aunque en modo alguno puede calificarse de normal dicho comportamiento, afecta a la evolución de la cultura. De los delirios y visiones de locos han surgido algunos de los despotismos, cultos religiosos y grandes obras de arte del mundo. Además, las respuestas codificadas de las sociedades a las peculiaridades extremas han formado parte de la cultura de muchas sociedades que consideran a los esquizofrénicos como benditos de Dios o, alternativamente, poseídos por los demonios.

Pero, a buen seguro, puede terciar el lector, la cultura sigue basándose principalmente en respuestas normales, no en la demencia. ¿Por qué se ha avanzado tan poco en el amor, el altruismo, la competitividad y otros elementos del comportamiento social cotidiano? La respuesta hay que buscarla en el sesgo pragmático de la investigación genética. Los genetistas que estudian la herencia y el desarrollo buscan ante todo efectos grandes causados por mutaciones únicas, las que son fáciles de detectar y analizar. Por ejemplo, en el período clásico de la genética mendeliana empezaron con rasgos reconocibles de inmediato, como las alas vestigiales en las moscas del vinagre *Drosophila* y el tegumento rugoso de las semillas del guisante. Resulta que las grandes mutaciones son asimismo mutaciones dañinas, por la misma razón que grandes cambios al azar en el motor de un automóvil

es más probable que lo estropeen que no pequeños cambios aleatorios. Las grandes mutaciones casi siempre reducen las tasas de supervivencia y la capacidad reproductora. Gran parte de la genética humana pionera ha sido, por ello, genética médica, de la que son buen ejemplo los estudios de la esquizofrenia.

Queda fuera de toda duda el valor práctico de este enfoque. El uso de grandes efectos se ha transformado muchas veces en avances importantes de la investigación médica. Alrededor de 1200 trastornos físicos y psicológicos se han conectado con genes únicos. Van (alfabéticamente) desde el síndrome de Aarskog-Scott hasta el síndrome de Zellweger. El resultado es el principio de UGUE[28]: Un Gen, Una Enfermedad. El enfoque UGUE ha tenido tanto éxito que los investigadores bromean acerca de la enfermedad del mes de la que se informa en las revistas científicas y en los principales medios de difusión. Considérese este conjunto diverso de ejemplos: ceguera para los colores, fibrosis quística, hemofilia, corea de Huntington, hipercolesterolemia, síndrome de Lesch-Nyhan, retinoblastoma, anemia falciforme. Y los indicios sobre el origen de las patologías son tan generales en desviaciones únicas y múltiples de genes (incluso fumar cigarrillos tiene una heredabilidad discernible) que a los científicos biomédicos les gusta citar la siguiente máxima: «toda enfermedad es genética».

Los investigadores y los médicos en ejercicio están especialmente contentos con los descubrimientos de UGUE, porque la mutación de un único gen posee invariablemente una rúbrica bioquímica que puede utilizarse para simplificar el diagnóstico. Puesto que la rúbrica es un defecto en algún lugar de la secuencia de acontecimientos moleculares que produce la transcripción del gen afectado, con frecuencia puede revelarse con una prueba bioquímica sencilla. También crecen las esperanzas de que las enfermedades genéticas puedan corregirse con la terapia denominada de la bala mágica[29], mediante la cual un procedimiento elegante y no invasivo corrige el defecto bioquímico y elimina los síntomas de la enfermedad.

Sin embargo, y a pesar de sus primeros éxitos, el principio de UGUE puede ser profundamente engañoso cuando se aplica al comportamiento humano. Aunque es cierto que una mutación en un único gen suele causar un cambio significativo en una característica, de ahí no se sigue en absoluto que el gen *determine* el órgano o proceso afectado. Típicamente, muchos genes contribuyen a la prescripción de cada fenómeno biológico complejo. ¿Cuántos? Para este tipo de información hay que pasar del ser humano al ratón doméstico, que, al ser uno de los principales animales de laboratorio y con una corta duración de la vida, es el mejor conocido de todos los mamíferos desde el punto de vista genético. Incluso en este caso lo que se sabe es incompleto. En el ratón, se conocen genes que contribuyen a la textura de los pelos y la piel en no menos de setenta y dos lugares cromosómicos. Al menos otros cuarenta y un genes poseen variantes que causan defectos en el órgano del equilibrio del oído interno, lo que produce sacudidas anormales de la cabeza y movimientos en círculos.

La complejidad de la herencia en el ratón es una pista de las dificultades a las que

todavía se enfrenta la genética humana. Por lo general, el conjunto de genes dicta órganos y procesos completos, así como características estrictamente definidas dentro de los mismos, y cada uno de estos genes ocupa un conjunto de posiciones diferentes en los cromosomas. Se cree que la diferencia en la pigmentación de la piel entre personas de ascendencia africana y europea está determinada por entre tres y seis de tales «poligenes». Las estimaciones para este sistema y para otros pueden estar en la banda baja. Además de los genes más potentes, que son más fáciles de detectar, puede haber muchos otros que contribuyan de manera mucho menos importante a la variación observada, con lo cual siguen sin descubrirse.

De ahí se sigue que una mutación en cualquiera de los poligenes puede producir un efecto UGUE grande y dominante, o bien puede prescribir una mucho menor desviación cuantitativa de la media. La presencia común de mutaciones del segundo tipo es una de las razones por las que los genes que predisponen al desarrollo de depresión crónica, síndrome maníaco-depresivo y otros trastornos han resultado ser tan escurridizos. Por ejemplo, la depresión clínica en Irlanda puede tener una predisposición basada en los genes al menos parcialmente distinta de la depresión clínica en Dinamarca. En tal caso, una investigación minuciosa en un laboratorio que localiza un lugar genético en un cromosoma no encontrará la confirmación de una investigación igualmente minuciosa realizada en un segundo laboratorio.

Sutiles diferencias ambientales pueden distorsionar asimismo las pautas clásicas de la herencia mendeliana. Un efecto común es la condición denominada penetración incompleta. El rasgo aparece en una persona, pero no en otra, aun cuando las dos posean los mismos genes capacitadores. Cuando un gemelo idéntico desarrolla esquizofrenia, por ejemplo, la probabilidad de que el otro gemelo haga lo mismo es solo del 50%, a pesar del hecho de que en ambos se encuentran exactamente los mismos genes. Otra consecuencia es la expresividad variable. Los que desarrollan esquizofrenia la presentan en una forma y una intensidad altamente variables.

Para resumir: la genética del comportamiento humano proporciona uno de los eslabones cruciales en la ruta desde los genes a la cultura. La disciplina se encuentra todavía en su infancia, y se ve entorpecida por dificultades teóricas y técnicas formidables. Sus métodos principales son los clásicos estudios de gemelos y análisis de árboles genealógicos, cartografía de los genes y, más recientemente, identificación de secuencias de ADN. Hasta la actualidad, estos enfoques se han unificado solo toscamente. A medida que su síntesis avanza y es suplementada por estudios del desarrollo psicológico, surgirá un cuadro más claro de los fundamentos de la naturaleza humana.

Mientras tanto, lo que sabemos o (para ser completamente franco) lo que *pensamos* que sabemos, sobre la base hereditaria de la naturaleza humana, puede expresarse mediante la conexión de tres niveles determinantes de organización biológica. Los presentaré de arriba abajo, en una secuencia que empieza con las proposiciones

universales de la cultura, sigue hasta las reglas epigenéticas del comportamiento social y termina en una segunda ojeada a la genética del comportamiento.

En un compendio clásico de 1945, el antropólogo americano George P. Murdock relacionó las proposiciones universales de la cultura, que definió como las conductas y las instituciones sociales registradas en los archivos del área de relaciones humanas de cada una de los cientos de sociedades estudiadas hasta la fecha. La lista contiene sesenta y siete proposiciones universales: adiestramiento de limpieza, adivinación, adornos corporales, alojamiento, artes decorativas, atención postnatal, baile, bromas, calendario, cirugía, cocina, comercio, conceptos del alma, control meteorológico, cortejo, cosmología, costumbres de la pubertad, costumbres del embarazo, curación por la fe, deportes atléticos, derechos de propiedad, diferenciación de clases, división del trabajo, donación de obsequios, educación, elaboración de utensilios, escatología, estilos de peinado, ética, etiqueta, etnobotánica, fiestas familiares, folklore, gestos, gobierno, gradación por edades, grupos familiares, higiene, horas de comida, hospitalidad, interpretación de los sueños, juegos, lenguaje, ley, magia, matrimonio, medicina, nombres personales, nomenclatura de parentesco, normas de residencia, obstetricia, organización de la comunidad, política demográfica, producción de fuego, propiciación de seres supernaturales, reglas de herencia, restricciones sexuales, ritos funerarios, ritual religioso, salutaciones, sanciones penales, supersticiones de suerte, tabúes alimentarios, tabúes de incesto, tejeduría, trabajo cooperativo y visitas.

Es tentador desechar estos rasgos por no ser verdaderamente diagnósticos de los seres humanos, no realmente genéticos, pero inevitables en la evolución de *cualquier* especie que llega a formar sociedades complejas basadas en la inteligencia elevada y el lenguaje complejo, con independencia de sus predisposiciones hereditarias. Pero es fácil refutar una tal interpretación. Imagine el lector una especie de terme que pudiera desarrollar una civilización a partir del nivel social de una especie actual. Tomemos para tal fin los termes *Macrotermes bellicosus*, de África, que construyen termiteros situados bajo el suelo, cada uno de los cuales contiene millones de habitantes. Elevemos las cualidades básicas de su organización social en la condición que, como insectos, tienen en la actualidad, a una cultura que esté guiada, como la cultura humana, por reglas epigenéticas basadas en la herencia. La «naturaleza del terme» en los cimientos de esta civilización de hexápodos incluiría el celibato y la no reproducción por parte de los obreros, el intercambio de bacterias simbiontes a través de la mutua ingestión de las heces, el uso de secreciones químicas (feromonas) para comunicarse y el canibalismo rutinario de las pieles mudadas y de los miembros de la familia muertos o heridos. He compuesto el siguiente discurso sobre el estado de la colonia, que un cabecilla terme dirige a la multitud, en su intento de reforzar el código ético del superterme: «Desde que nuestros antepasados, los termes macrotermitinos, alcanzaron un peso de diez kilogramos y un cerebro mayor durante su rápida evolución a lo largo del período terciario tardío, y aprendieron a escribir con escritura feromonal, el saber de los termes ha elevado y refinado la filosofía

ética. Ahora es posible expresar con precisión los imperativos de la conducta moral. Tales imperativos son autoevidentes y universales. Son la esencia misma de la termitidad. Incluyen el amor por la oscuridad y la profundidad, las penetrales saprofíticas y basidiomicéticas del suelo; la centralidad de la vida de la colonia en medio de la riqueza de la guerra y del comercio con otras colonias; la santidad del sistema fisiológico de castas; la maldad de los derechos personales (¡la colonia lo es TODO!); nuestro profundo amor por los hermanos reales a los que se permite reproducirse; el gozo del sonido químico; el placer estético y la profunda satisfacción social de comer las heces del ano de nuestros compañeros de nido después de la muda de nuestra piel; y el éxtasis del canibalismo y la cesión de nuestro propio cuerpo cuando estamos enfermos o heridos (es más dichoso ser comido que comer)».

Una prueba adicional de las proposiciones universales humanas es el origen dual de las civilizaciones en el Viejo y el Nuevo Mundo, que evolucionaron en aislamiento mutuo pero son notablemente convergentes en general. La segunda parte del «gran experimento» empezó hace doce mil años o más, cuando el Nuevo Mundo fue invadido por tribus nómadas procedentes de Siberia. En aquel tiempo los colonos eran cazadores-recolectores del paleolítico, que con gran probabilidad vivían en grupos de un centenar o menos de personas. En los siglos que siguieron se extendieron hacia el sur a todo lo largo del Nuevo Mundo, desde la tundra ártica hasta los gélidos bosques de Tierra del Fuego, a quince mil kilómetros de distancia, dividiéndose a medida que lo hacían en tribus locales que se adaptaron a cada uno de los ambientes terrestres que encontraron. A lo largo del camino, aquí y allá, algunas de estas sociedades evolucionaron en clanes liderados por cabecillas y estados imperiales notablemente similares en su estructura básica a los del Viejo Mundo.

En 1940, el arqueólogo americano Alfred V. Kidder, uno de los primeros estudiosos de los primitivos asentamientos norteamericanos y de las ciudades mayas, resumió la historia independiente de la civilización en el Viejo y Nuevo Mundo para apoyar su idea de una naturaleza humana hereditaria. En ambos hemisferios, dijo, los seres humanos empezaron desde la misma base, como primitivos de la Edad de Piedra. Primero cultivaron plantas silvestres, lo que permitió que sus poblaciones crecieran y formaran aldeas. Mientras tal cosa sucedía, elaboraron las agrupaciones sociales y desarrollaron artes y religiones refinadas, en las que los sacerdotes y los gobernantes recibían poderes especiales de los dioses. Inventaron la alfarería, y tejieron fibras vegetales y lana para hacer telas. Domesticaron los animales salvajes locales para alimento y transporte. Trabajaron los metales para obtener herramientas y adornos, primero oro y cobre, después bronce, la amalgama más dura de cobre y estaño. Inventaron la escritura y la utilizaron para registrar sus mitos, sus guerras y sus linajes nobles. Crearon clases hereditarias para sus nobles, sacerdotes, guerreros, artesanos y campesinos. Y según señalaba Kidder: «En el Nuevo Mundo al igual que en el Viejo, el clero aumentó y, aliándose con los poderes temporales, o

convirtiéndose en gobernantes por propio derecho, erigieron a sus dioses enormes templos adornados con pinturas y esculturas. Sacerdotes y caudillos se proveyeron de trabajadas tumbas bien avitualladas para la vida futura. En la historia política ocurre lo mismo. En ambos hemisferios, un grupo se unió a otro para formar tribus; las coaliciones y las conquistas produjeron preeminencia; los imperios crecieron y asumieron la parafernalia de la gloria».

Por impresionantes que sean las proposiciones universales, todavía es arriesgado utilizarlas como evidencia de la conexión entre genes y cultura. Aunque las categorías listadas aparecen de manera demasiado consistente para ser debidas únicamente a la casualidad, sus detalles más finos difieren mucho entre las sociedades de un hemisferio y entre las de hemisferios distintos. Los hitos de la civilización se encuentran además demasiado dispersos y son de origen demasiado reciente para haber evolucionado genéticamente y haber sido llevados de algún modo por todo el mundo por cazadores-recolectores. Sería absurdo hablar de genes concretos que prescriben agricultura, escritura, sacerdocio y tumbas monumentales.

En mis propios escritos, desde *Sobre la naturaleza humana*, de 1978, en adelante, he argumentado que la etiología de la cultura se encamina tortuosamente desde los genes, a través del cerebro y los sentidos, hasta el aprendizaje y el comportamiento social. Lo que heredamos son rasgos neurobiológicos que nos hacen ver el mundo de una determinada manera y aprender determinados comportamientos de preferencia a otros. Los rasgos heredados genéticamente no son memes, no son unidades de cultura, sino más bien la propensión a inventar y transmitir determinados tipos de estos elementos de memoria de preferencia a otros.

Ya en 1972, Martin Seligman y otros psicólogos habían definido de manera precisa el sesgo en el desarrollo. Lo llamaron «aprendizaje preparado». Con este concepto se referían a que los animales y los seres humanos están preparados de manera innata a aprender determinados comportamientos, al tiempo que están preparados contra (es decir, predispuestos a evitar) otros. Los muchos ejemplos documentados de aprendizaje preparado forman una subclase de *reglas epigenéticas*. Tal como se reconoce en biología, las reglas epigenéticas comprenden toda la gama de regularidades del desarrollo de la anatomía, la fisiología, la cognición y el comportamiento que se heredan. Son los algoritmos del crecimiento y la diferenciación que crean un organismo enteramente funcional.

Una segunda idea productiva, que se debe a la sociobiología, es que el aprendizaje preparado del comportamiento social como todas las otras clases de epigénesis, suele ser adaptativo: confiere eficacia darwiniana a los organismos al mejorar su supervivencia y su reproducción. La adaptabilidad de las reglas epigenéticas del comportamiento humano no es el resultado exclusivo de la biología o de la cultura. Surge de sutiles manifestaciones de ambas. Una de las maneras más eficientes de estudiar las reglas epigenéticas del comportamiento social humano es

mediante métodos de psicología convencional, informados por los principios del proceso evolutivo. Por esta razón, los científicos que se concentran en este tema se suelen denominar a sí mismos psicólogos evolutivos. La suya es una disciplina híbrida, que bebe a la vez de la sociobiología (el estudio sistemático de la base biológica del comportamiento social en todo tipo de organismos, incluidos los seres humanos) y la psicología, el estudio sistemático de la base del comportamiento humano. Sin embargo, dada nuestra comprensión creciente de la coevolución entre genes y cultura, y en aras de la simplicidad, la claridad y (a veces) la valentía intelectual frente a la hostilidad ideológica, se suele considerar la psicología evolutiva idéntica a la sociobiología humana.

En la década de 1970, tal como afirmé en mis síntesis anteriores, el altruismo era el problema central de la sociobiología, tanto en los animales como en los seres humanos. En la actualidad, dicha objeción ha sido resuelta en gran parte por teorías de éxito e investigaciones empíricas. En la década de 1990, en sociobiología, la atención está empezando a dirigirse hacia la coevolución entre los genes y la cultura. En esta nueva fase de investigación, la definición de reglas epigenéticas es la mejor manera de hacer avances importantes en la comprensión de la naturaleza humana. Tal énfasis parece ineludible desde el punto de vista lógico. La conexión entre genes y cultura hay que encontrarla en los órganos de los sentidos y en los programas del cerebro. Hasta que este proceso se conozca mejor y se tome en cuenta, los modelos matemáticos de la evolución genética y de la evolución cultural tendrán un valor muy limitado.

Las reglas epigenéticas, según creo, operan, como la emoción, a dos niveles. Las reglas epigenéticas primarias son los procesos automáticos que se extienden desde la filtración y codificación de estímulos en los órganos de los sentidos hasta la percepción de dichos estímulos por parte del cerebro. Toda la secuencia está influida por la experiencia previa solo en un grado menor, si es que acaso lo está. Las reglas epigenéticas secundarias son regularidades en la integración de grandes cantidades de información. Sirviéndose de fragmentos selectos de percepción, memoria y colorido emocional, las reglas epigenéticas secundarias conducen la mente a decisiones predispuestas a través de la elección de determinados memes y respuestas evidentes con preferencia a otras. La división entre las dos clases de reglas epigenéticas es subjetiva, y se ha hecho solo por conveniencia. Existen niveles intermedios de complejidad, porque las reglas primarias más complejas se convierten gradualmente en reglas secundarias más sencillas.

Todos los sentidos imponen reglas epigenéticas primarias. Entre las propiedades más básicas de tales reglas está la fragmentación de sensaciones, por lo demás continuas, en unidades discretas. Por ejemplo, desde el nacimiento los conos de la retina y las neuronas de los núcleos geniculados laterales del tálamo clasifican la luz visible de distintas longitudes de onda en cuatro colores básicos. De manera similar,

el aparato auditivo, tanto de los niños como de los adultos, divide automáticamente los sonidos continuos del habla en fonemas. Las series de sonidos que se extienden suavemente desde *ba* hasta *ga* no se oyen como un continuo, sino como *ba* o *ga*; ocurre lo mismo con la transición desde *v* hasta *s*.

Un niño empieza su vida con otras respuestas acústicas incorporadas que modelan la comunicación y la existencia social posteriores. El recién nacido puede distinguir de manera innata entre ruido y tono. A los cuatro meses el niño prefiere tonos armoniosos, y a veces reacciona a las notas discordantes con una expresión facial de disgusto, que resulta ser la misma que provoca una gota de jugo de limón en la lengua. La respuesta del recién nacido a un sonido fuerte es el reflejo de Moro: si está tendido de espaldas, el niño extiende primero sus brazos hacia delante, los une lentamente como si efectuara un abrazo, emite un grito y después se relaja gradualmente. A las cuatro o seis semanas el reflejo de Moro es sustituido por la respuesta de sobresalto, que, como describí anteriormente, es el más complejo de los reflejos y dura toda la vida. Una fracción de segundo después de oír un ruido fuerte e inesperado, los ojos se cierran, la boca se abre, la cabeza cae, los hombros y brazos se hunden, las rodillas se doblan ligeramente. En su conjunto, el cuerpo se coloca como si hubiera de absorber un golpe que se acerca.

Algunas preferencias en el gusto químico empiezan asimismo en el momento de nacer o poco después. Los recién nacidos prefieren soluciones azucaradas a agua sola, y en el siguiente orden fijo: sacarosa, fructosa, lactosa, glucosa. Rechazan sustancias ácidas, saladas o amargas, y responden a cada una de ellas con las expresiones faciales distintivas que utilizarán el resto de su vida.

Las reglas epigenéticas primarias preparan el sistema sensorial humano para que procese principalmente información audiovisual. La predilección contrasta con la de la inmensa mayoría de especies animales, que dependen principalmente del olfato y el gusto. El sesgo audiovisual humano se refleja en el peso desproporcionado del vocabulario. En lenguajes de todo el mundo, desde el inglés y el japonés hasta el zulú y el teton lakota, de dos tercios a tres cuartas partes de todas las palabras que describen impresiones sensoriales se refieren al oído y la visión. La restante minoría de palabras se dividen entre los demás sentidos, lo que incluye el olfato, el gusto y el tacto, así como la sensibilidad a la temperatura, la humedad y los campos eléctricos.

El sesgo audiovisual marca asimismo las reglas epigenéticas primarias que establecen los lazos sociales en la infancia y en la primera niñez. Los experimentos han demostrado que, diez minutos después de nacer, los niños se fijan más en diseños faciales normales dibujados en carteles que en dibujos anormales. Pasados dos días, prefieren mirar a su madre más que a otras mujeres desconocidas. Otros experimentos han revelado una capacidad igualmente notable para distinguir la voz de su madre de las voces de otras mujeres. Por su parte, las madres necesitan solo un breve contacto para distinguir el llanto de su hijo recién nacido, así como su olor corporal personal.

La cara es la principal liza de comunicación visual no lingüística y de las reglas

epigenéticas secundarias que sesgan su desarrollo psicológico. Unas pocas expresiones faciales tienen un significado invariante en toda la especie humana, aunque en las diferentes culturas son modificadas para expresar determinados matices. En un experimento clásico para comprobar la universalidad de dicho fenómeno, Paul Ekman, de la Universidad de California en San Francisco, fotografió norteamericanos mientras expresaban miedo, repugnancia, ira, sorpresa y felicidad. También fotografió a hombres de tribus de las tierras altas de Nueva Guinea, pueblos que habían entrado en contacto recientemente con el hombre blanco, mientras contaban relatos en los que se evocaban sentimientos similares. Cuando después se mostró a los individuos los retratos correspondientes a la otra cultura, interpretaron las expresiones faciales con una precisión superior al 80%.

En la cara, la boca es el principal instrumento de comunicación visual. La sonrisa, en particular, es una sede rica en reglas epigenéticas secundarias. Psicólogos y antropólogos han descubierto grados sustanciales de desarrollo programado similar en los usos de la sonrisa en diversas culturas. La expresión la exhiben primero los niños de edades entre dos y cuatro meses. Atrae de forma invariable abundante afecto por parte de los adultos que cuidan al niño. El ambiente tiene poca influencia en la maduración de la sonrisa. Los niños de los !kung, un pueblo de cazadores-recolectores del desierto de Kalahari, en Sudáfrica, son criados en condiciones muy distintas de las correspondientes a los niños de Estados Unidos y de Europa. Sus madres los paren sin ayuda ni anestesia, están en contacto físico casi constante con los adultos, son amamantados varias veces por hora, y se les enseña de forma rigurosa y a la edad más temprana posible a sentarse, a ponerse de pie y caminar. Pero su sonrisa es idéntica en la forma a la de los niños norteamericanos y europeos, aparece al mismo tiempo y sirve para la misma función social. La sonrisa aparece asimismo en el momento preciso en niños sordos y ciegos e incluso en niños deformados por la talidomida que no solo son ciegos y sordos, sino que están tullidos hasta el extremo de no poderse tocar la cara.

A lo largo de la vida, la sonrisa se utiliza ante todo para señalar cordialidad y aprobación, y más allá de esto para indicar un sentido general de placer. Cada cultura moldea su significado en matices determinados por la forma exacta y el contexto en el que se exhibe. La sonrisa puede convertirse en ironía o burla discreta, o bien puede esconder desconcierto. Pero incluso en tales casos sus mensajes abarcan solo una minúscula fracción de los que transmiten todas las expresiones faciales tomadas en su conjunto.

En los niveles más altos de la actividad mental, se siguen reglas epigenéticas secundarias y complejas en el proceso denominado de reificación o cosificación: la compresión de ideas y fenómenos complejos en conceptos más simples, que entonces se comparan con objetos y actividades familiares. Los dusun de Borneo (para tomar uno de los innumerables ejemplos de los archivos de la antropología) reifican cada casa en un «cuerpo» que posee muchos brazos, cabeza, vientre, patas y otras partes.

Creen que está «de pie» en su posición correcta solo si está alineada en una determinada dirección; creen que está «cabeza abajo» si se la construye en la falda de una colina. En otras dimensiones, a la casa se la califica de gorda o enjuta, joven o vieja y gastada. A todos sus detalles interiores se les confiere un significado intenso. Cada habitación y pieza de mobiliario está conectada con rituales calendarios y creencias mágicas y sociales.

La reificación es el algoritmo rápido y fácil que crea orden en un mundo que, de otro modo, es abrumador en flujo y detalle. Una de sus manifestaciones es el instinto diádico, la propensión a utilizar clasificaciones en dos partes a la hora de tratar conjuntos socialmente importantes. En todas partes, las sociedades dividen a la gente en pertenecientes al grupo frente a externas al grupo, en niños frente a adultos, en familiares frente a no familiares, en casados frente a solteros, y las actividades en sagradas y profanas, buenas y malas. Fortifican los límites de cada división con tabú y ritual. Cambiar de una división a otra requiere ceremonias de iniciación, casamientos, bendiciones, ordenaciones y otros ritos de paso que marcan todas y cada una de las culturas.

El antropólogo francés Claude Lévi-Strauss y otros escritores de la escuela «estructuralista», que él ayudó a fundar, han sugerido que el instinto binario es regido por la interacción de reglas innatas. Postulan que las oposiciones entre hombre y mujer, endogamia y exogamia, o tierra y cielo son contradicciones en la mente a las que se debe hacer frente y que se deben resolver, frecuentemente mediante narrativa mítica. Así, el concepto de vida necesita del concepto de muerte, que se resuelve mediante el mito de la muerte que sirve de entrada a la vida eterna. Las oposiciones binarias, en la versión estructuralista cabal, están todavía más conectadas en combinaciones complejas mediante las cuales las culturas se ensamblan en todos integrados.

El enfoque estructuralista es potencialmente consistente con la imagen de la mente y la cultura surgiendo de las ciencias naturales y de la antropología biológica, pero se ha visto debilitado por desacuerdos en las filas de los propios estructuralistas en relación con los mejores métodos de análisis. Su problema no es la concepción básica, en la medida en la que he sido capaz de comprender la bibliografía, abundante y difusa, sino su carencia de una conexión realista con la biología y la psicología cognitiva. Esto todavía puede conseguirse con resultados potencialmente fructíferos.

Veamos ahora el próximo paso en la búsqueda de la naturaleza humana, la base genética de las reglas epigenéticas. ¿Cuál es dicha base y cuánta variación hay en los genes prescriptores? Como preludio cauteloso a una respuesta, permítaseme de nuevo subrayar las limitaciones de la genética del comportamiento humano en su conjunto. La genética del comportamiento humano es un campo de estudio en su infancia y todavía es vulnerable a los ideólogos que se comportan rudamente con ella en pos de sus programas personales. Puede decirse que únicamente en un nivel de análisis, la

estimación de la heredabilidad, es una disciplina científica avanzada. Con técnicas estadísticas refinadas, los genetistas han calculado la contribución proporcional de los genes en un gran conjunto de rasgos de la fisiología sensorial, la función cerebral, la personalidad y la inteligencia. Han llegado a esta conclusión importante: la variación en prácticamente todos los aspectos del comportamiento humano es heredable en algún grado, y así de alguna manera está influida por diferencias en los genes entre las personas. Tal hallazgo no debiera ser ninguna sorpresa. Lo mismo ocurre con el comportamiento en todas las especies animales que han sido estudiadas hasta el presente.

Pero la medida de la heredabilidad no identifica genes *concretos*. Ni nos proporciona ningún indicio de las rutas intrincadas del desarrollo fisiológico que llevan desde los genes a las reglas epigenéticas. El principal punto débil de la genética del comportamiento humano contemporáneo y de la sociobiología humana es que solo se han identificado un reducido número de los genes y de las reglas epigenéticas relevantes. Esto no es para negar que existan muchos otros, más bien lo contrario; solo que todavía no han sido identificados y localizados en los mapas genéticos. La razón es que la genética del comportamiento humano es técnicamente muy difícil a este nivel.

La escasez de ejemplos tiene otra consecuencia, de mayor enjundia. Puesto que tanto los genes que afectan a las reglas epigenéticas como las propias reglas suelen ser investigados de manera independiente por diferentes equipos de investigadores, las correspondencias entre los genes y las reglas epigenéticas son aún más raras. Salen a la luz principalmente por pura suerte. Supóngase, es un decir, que hasta el momento presente se ha descubierto el 1% de los genes importantes y el 10% de las reglas epigenéticas. El número de correspondencias sería muy bajo: el producto de los dos porcentajes, en este caso la décima parte del 1%. Sin embargo, la escasez de correspondencias es menos un defecto que una oportunidad de descubrimiento científico a la espera de ser aprovechada. Es precisamente en este ámbito, en la frontera entre la biología y las ciencias sociales, que puede esperarse que tengan lugar los avances más significativos en los estudios del comportamiento humano.

Entre las mutaciones génicas conocidas que afectan al comportamiento complejo hay una que causa dislexia, un trastorno de la lectura producido por el deterioro en la capacidad de interpretar relaciones espaciales. Otra reduce el rendimiento en la ejecución de tres pruebas psicológicas de capacidad espacial pero no en otras tres pruebas que miden la habilidad verbal, la velocidad de la percepción y la memoria. También se han descubierto genes que afectan a la personalidad. Una mutación que induce explosiones de comportamiento agresivo, que todavía se conoce solo en una única familia holandesa, ha sido localizada en el cromosoma X. Es evidente que causa una deficiencia en la enzima monoaminooxidasa, que es necesaria para descomponer los neurotransmisores que regulan la respuesta de luchar o huir. Debido a que, como resultado de esta alteración, los neurotransmisores se acumulan, el

cerebro permanece excitado, preparado para responder de manera violenta a niveles bajos de tensión. Una variante más normal de la personalidad es la que produce un «gen de búsqueda de novedades», que altera la respuesta cerebral al neurotransmisor dopamina. Cuando las personas que poseen dicho gen realizan pruebas psicológicas estandarizadas resultan ser más impulsivas, propensas a la curiosidad y veleidosas. Las moléculas del gen y del receptor proteínico que este ayuda a prescribir son de una longitud molecular mayor que las formas no mutadas. También están muy extendidas, y se han detectado en diferentes grupos étnicos, tanto en Israel como en Estados Unidos (pero no en un grupo finés). Se han descubierto otras diversas variantes génicas que cambian el metabolismo y la actividad de los neurotransmisores, pero su efecto sobre el comportamiento está todavía por investigar.

Al citar tales ejemplos no pretendo sugerir que solo es necesario descubrir y listar los genes, uno por uno, con el fin de establecer la base genética del comportamiento humano. La cartografía de los genes es solo el principio. La mayoría de rasgos, incluso los elementos más sencillos de la inteligencia y la cognición, se ven influidos por poligenes, que son genes múltiples extendidos por diferentes lugares cromosómicos y que actúan al unísono. En algunos casos, los poligenes simplemente suman sus efectos, de modo que más genes de un determinado conjunto significan más producto, por ejemplo, más transmisor, o una mayor concentración de pigmento cutáneo. Esta herencia aditiva, como se la denomina, produce típicamente una curva de campana en la distribución del rasgo en la población en su conjunto. Otros poligenes se adicionan hasta alcanzar un determinado número umbral, en cuyo momento el rasgo aparece por primera vez. La diabetes y algunos trastornos mentales parecen pertenecer a dicha clase. Finalmente, los poligenes pueden interactuar de manera epistática: la presencia de un gen en un lugar cromosómico suprime la acción de un gen en otro lugar cromosómico. Las pautas de las ondas cerebrales tal como se revelan en los electroencefalogramas (EEG) son un ejemplo de fenómeno neurológico heredado de este modo.

Finalmente, para complicar más las cosas, existe la pleiotropía, la prescripción de múltiples efectos por parte de un único gen. Un clásico ejemplo humano de pleiotropía es el que proporciona el gen mutante que causa la fenilcetonuria, cuyos síntomas incluyen un exceso del aminoácido fenilalanina, deficiencia de tirosina, productos metabólicos anómalos de la fenilalanina, oscurecimiento de la orina, aclarado del color del pelo, lesiones tóxicas del sistema nervioso central, y retraso mental.

Las rutas desde los genes a los rasgos que estos prescriben pueden parecer abrumadoramente retorcidas. Aun así, pueden descifrarse. Una gran parte de la biología humana del futuro consistirá en averiguar el desarrollo del cuerpo y la mente en el que influyen. En las dos primeras décadas del siglo que viene, si la investigación actual sigue encarrilada, veremos la secuenciación completa del genoma humano y la cartografía de la mayoría de los genes. Además, los modos de

herencia son tratables desde el punto de vista científico. El número de poligenes que controlan los rasgos del comportamiento individual es finito, y los que son responsables de la mayor parte de la variación suelen ser menos de diez. Los efectos múltiples de los genes únicos son también finitos. Serán definidos de manera más precisa a medida que los biólogos moleculares sigan la pista de las cascadas de reacciones químicas desencadenadas por grupos de genes, y a medida que los neurocientíficos cartografíen las pautas de la actividad cerebral que se cuentan entre los productos finales de dichas reacciones.

Para el futuro inmediato, la genética del comportamiento humano avanzará detrás de dos frentes de ataque. El primero es la investigación sobre la herencia de los trastornos mentales, y el segundo, la investigación sobre la diferencia de género y de preferencia sexual. Ambas clases son privilegiadas por un gran interés público y tienen la ventaja adicional de ocasionar procesos que están bien marcados, de manera que es relativamente fácil aislarlos y medirlos. Encajan en un principio cardinal en la realización de la investigación científica: encuentra un paradigma para el que puedas obtener dinero y atácalo con todos los métodos de análisis a tu disposición.

Las diferencias de género son un paradigma especialmente productivo, aunque políticamente controvertido. Ya se las describe de manera pormenorizada en la bibliografía psicológica y antropológica. Sus fundamentos biológicos se conocen en parte, y han sido documentados en el cuerpo calloso y otras estructuras del cerebro; en las pautas de la actividad cerebral; en el olfato, el gusto y otros sentidos; en la capacidad espacial y verbal; y en el comportamiento innato de juego durante la infancia. Las hormonas que median la divergencia de los sexos, que producen diferencias estadísticas con superposición en estos diversos rasgos, se conocen relativamente bien. El principal gen que desencadena su fabricación última durante el desarrollo fetal e infantil se ha localizado en el cromosoma Y. Se denomina *Sry*, por región de Y que determina el sexo[30]. En su ausencia, cuando el individuo tiene dos cromosomas X en lugar de un X y un Y, las gónadas fetales se desarrollan en ovarios, con todas las consecuencias que se siguen en el desarrollo endocrino y psicofisiológico. Puede que estos hechos no satisfagan los anhelos ideológicos de todo el mundo, pero ilustran todavía de otro modo que, nos guste o no, el *Homo sapiens* es una especie biológica.

Llegados a este punto, he seguido la mayor parte de los pasos de la coevolución entre genes y cultura, circulando desde los genes a la cultura y de nuevo de vuelta a los genes, en la medida en que las pruebas lo permiten. Estos pasos pueden resumirse muy brevemente como sigue:

Los genes prescriben reglas epigenéticas, que son las regularidades de la percepción sensorial y del desarrollo mental que animan y canalizan la adquisición de la cultura.

La cultura ayuda a determinar cuáles de los genes prescriptores sobreviven y se

multiplican de una generación a la siguiente.

Los nuevos genes que tienen éxito alteran las reglas epigenéticas de las poblaciones.

Las reglas epigenéticas alteradas cambian la dirección y la efectividad de los canales de adquisición cultural.

El paso final en esta serie es el más crucial y discutible. Está encarnado en el problema de la traílla genética. A lo largo de la prehistoria, en particular hasta hace unos cien mil años, tiempo para el cual el cerebro del *Homo sapiens* moderno había evolucionado, la evolución cultural y genética estaban estrechamente acopladas. Con la llegada de las sociedades del neolítico, y en especial con el surgimiento de las civilizaciones, la evolución cultural salió a la carrera, a un ritmo que, en comparación, dejó a la evolución genética inmóvil. De manera que, en esta última fase exponencial, ¿cuánto permitieron las reglas epigenéticas que divergieran las diferentes culturas? ¿Cuán tirante estaba la traílla genética? Esta es la pregunta clave, y es posible dar solo una respuesta parcial.

En general, las reglas epigenéticas son lo suficientemente fuertes para ser visiblemente limitantes. Han dejado un sello indeleble en el comportamiento de las personas, incluso en las sociedades más refinadas. Pero, hasta un cierto punto que puede resultar desconcertante para un hereditarista empecinado, las culturas se han dispersado ampliamente en su evolución bajo las reglas epigenéticas que hasta el momento se han estudiado. A veces han aparecido características concretas de la cultura que reducen la eficacia darwiniana, al menos durante un tiempo. Efectivamente, la cultura puede crecer en estado salvaje por algún tiempo, e incluso destruir a los individuos que la fomentan.

La mejor manera de expresar nuestro conocimiento todavía imperfecto de la transición desde las reglas epigenéticas hasta la diversidad cultural, es describir casos reales. Ofreceré dos de tales ejemplos, uno relativamente sencillo, el otro complejo.

Primero el sencillo. Si se eliminara toda la comunicación verbal, todavía nos quedaría un rico paralenguaje que comunica la mayoría de nuestras necesidades básicas: los olores corporales, el rubor y otros reflejos reveladores, expresiones faciales, posturas, gesticulaciones y vocalizaciones no verbales, todos los cuales, en combinaciones variadas y a veces sin intención consciente, componen un verdadero diccionario de estados de ánimo e intenciones. Son nuestra herencia en tanto que primates, y es probable que hayan persistido con pocos cambios desde antes del origen del lenguaje. Aunque las señales difieren en detalle de una cultura a otra, contienen elementos invariables que revelan su origen genético antiguo. Por ejemplo:

- El androstenol es una feromona masculina que se concentra en el sudor y la orina reciente. Es percibida de modo diverso, como almizcle o madera de sándalo, y cambia la atracción sexual y la calidez del talante durante los

contactos sociales.

- Tocar a otra persona es una forma de saludo regulada por las siguientes reglas innatas: a los extraños del mismo sexo se les toca solo en los brazos, y el contacto se extiende a otras partes del cuerpo a medida que aumenta la familiaridad, y ello es tanto más cierto para íntimos del sexo opuesto.
- La dilatación de las pupilas es una respuesta positiva a los demás, que además es especialmente prominente en las mujeres.
- Sacar la lengua y escupir son exhibiciones agresivas de rechazo; mover rápidamente la lengua por los labios es una invitación social, que se usa de forma generalizada durante el flirteo.
- Cerrar los ojos y fruncir la nariz es otro signo universal de rechazo.
- Abrir la boca al tiempo que se inclinan hacia abajo las comisuras de la boca para dejar ver los dientes inferiores es amenazar con desdén.

Estas y otras señales no verbales son temas ideales para comprender la coevolución de genes y cultura. Se conoce ya mucho acerca de su anatomía y fisiología; y es probable que su prescripción genética y la actividad cerebral que las controla resulten ser sencillas en comparación con la comunicación verbal. La variación de significado de cada señal a su vez, causada por evolución cultural, puede observarse por sus múltiples usos en muchas sociedades distintas. Cada señal tiene su propia cantidad de tal variación, su propia flexibilidad y dispersión de matices consiguiente, a través de las diversas culturas del mundo. Dicho de otra manera, cada conjunto de genes que prescribe la estructura básica de señales concretas tiene su propia norma de reacción.

La cultura de las señales no verbales aguarda el estudio desde este punto de vista comparado. Un caso instintivo de dispersión moderada es el de ostentar las cejas, uno de los muchos casos que proporciona Irenäeus Eibl-Eibesfeldt, el etólogo alemán pionero del estudio del comportamiento. Cuando algo llama la atención de una persona, abre mucho los ojos para mejorar la visión. Cuando se sorprende, abre mucho los ojos al tiempo que enarca ostensiblemente las cejas. Enarcar las cejas ha sido un proceso que se ha ritualizado de forma universal, presumiblemente por prescripción genética, en ostentar las cejas, una señal que invita al contacto social. Por ritualización se quiere decir la evolución de un movimiento con una función en un contexto, en este caso abrir los ojos y enarcar las cejas, hasta una forma conspicua, estereotipada, en este caso ostentar las cejas, que se usa para la comunicación. Esta es la parte genética de la coevolución entre los genes y la cultura. Ostentar las cejas se ha visto sometido asimismo a una dispersión moderada del significado en distintas sociedades por la parte cultural de la coevolución entre los genes y la cultura. En diferentes sociedades y contextos se combina con otras formas de lenguaje corporal para señalar salutación, coqueteo, aprobación, solicitud de confirmación, gratitud o énfasis de un mensaje verbal. En la Polinesia se utiliza como un verdadero «sí».

El segundo caso de coevolución entre los genes y la cultura que quiero presentar, porque es el ejemplo que se ha investigado de manera más acabada entre los más complejos hasta la fecha, es el vocabulario del color. Los científicos le han seguido la pista desde los genes que prescriben la percepción del color hasta la expresión final de la percepción del color en el lenguaje.

El color no existe en la naturaleza. Al menos, no existe en la naturaleza en la forma en que pensamos que lo vemos. La luz visible está constituida por una longitud de onda que varía continuamente, sin ningún color intrínseco en ella. La visión del color es impuesta sobre esta variación por los conos, las células fotosensibles de la retina, y las neuronas que los conectan al cerebro. Empieza cuando la energía luminosa es absorbida por tres pigmentos diferentes en los conos, a los que los biólogos han denominado células azules, verdes o rojas en función de los pigmentos fotosensibles que contienen. La reacción molecular que la energía luminosa desencadena es transducida en señales eléctricas que son retransmitidas a las neuronas del ganglio retinal que forman el nervio óptico. Aquí la información de longitud de onda es recombinada para que dé señales distribuidas a lo largo de dos ejes. Posteriormente, el cerebro interpreta un eje como verde a rojo y el otro como azul a amarillo, estando el amarillo definido como una mezcla de verde y rojo. Una célula ganglionar concreta, por ejemplo, puede excitarse por el impulso procedente de conos rojos e inhibirse por el impulso procedente de conos verdes. La intensidad de la señal eléctrica que se transmita a continuación informa al cerebro de la cantidad de rojo o verde que está recibiendo la retina. La información colectiva de este tipo procedente de un enorme número de conos y de neuronas ganglionares retorna al cerebro, a través del quiasma óptico y hasta los núcleos geniculados laterales del tálamo, que son masas de neuronas que constituyen una estación de paso cerca del centro del cerebro, y, finalmente, a conjuntos de células de la corteza visual primaria en la parte posterior extrema del cerebro.

En cuestión de milisegundos, la información visual, ahora codificada en función de los colores, se extiende a diferentes partes del cerebro. La manera en que el cerebro responda depende de la entrada de otros tipos de información y de las memorias que evocan. Las pautas invocadas por muchas de tales combinaciones, por ejemplo, pueden hacer que la persona piense palabras que se refieran a dichas pautas, como: «Esta es la bandera norteamericana; sus colores son rojo, blanco y azul». Tenga presente el lector la siguiente comparación cuando considere la aparente obviedad de la naturaleza humana: un insecto que estuviera volando junto a nosotros percibiría diferentes longitudes de onda, y las descompondría en diferentes colores o en ninguno en absoluto, dependiendo de su especie, y si de algún modo pudiera hablar, sus palabras serían difícilmente traducibles a las nuestras. Su bandera sería muy distinta de la nuestra, gracias a su naturaleza insectil, por contraposición a nuestra naturaleza humana.

La química de los tres pigmentos de los conos (los aminoácidos de que están

compuestos y las formas que adoptan sus cadenas al replegarse) es conocida. Lo mismo ocurre con la química del ADN en los genes del cromosoma X que los prescribe, así como la química de las mutaciones en los genes que causan ceguera para los colores.

Así pues, mediante procesos moleculares heredados y bastante bien conocidos, el sistema sensorial humano y el cerebro descomponen las longitudes de onda continuamente variables de la luz visible en una disposición de unidades más o menos discretas que denominamos espectro del color. La disposición es arbitraria en un sentido esencialmente biológico; es solo una de las muchas disposiciones que podrían haber evolucionado durante los últimos millones de años. Pero no es arbitraria en un sentido cultural: habiendo evolucionado genéticamente, no puede ser alterada por aprendizaje o decreto. Todo aquello en la cultura humana que implica color deriva de este proceso unitario. En tanto que fenómeno biológico, la percepción del color existe en contraste con la percepción de la intensidad de la luz, la otra cualidad primaria de la luz visible. Cuando variamos gradualmente la intensidad de la luz, por ejemplo haciendo girar lentamente un interruptor reductor de luz en un sentido u otro, percibimos el cambio como el proceso gradual que es realmente. Pero si utilizamos luz monocromática (solo una longitud de onda) y cambiamos gradualmente dicha longitud de onda, no se percibe tal continuidad. Lo que vemos, al pasar del extremo de longitud de onda corta al de onda larga, es primero una ancha banda de azul (al menos una banda percibida más o menos como dicho color), después verde, después amarillo y finalmente rojo.

La creación de vocabularios del color en todo el mundo está sesgada por esta misma limitación biológica. En un famoso experimento realizado en la década de 1960 en la Universidad de California en Berkeley, Brent Berlin y Paul Kay comprobaron la limitación en hablantes nativos de veinte lenguajes, entre los que se contaban el árabe, búlgaro, cantones, catalán, hebreo, ibibio, thai, tzeltal y urdu. Se pedía a los voluntarios que describieran su vocabulario de una manera directa y precisa. Se les mostró una serie de Munsell, un conjunto de placas que varían a lo largo del espectro de color de izquierda a derecha, y en intensidad luminosa desde la parte inferior a la superior, y se les pidió que colocaran cada uno de los principales términos de color en su idioma en las placas que más se acercaran al significado de las palabras. Aunque los términos varían de forma asombrosa de un lenguaje a otro por su origen y sonido, los hablantes los colocaron sobre la serie en grupos que correspondían, al menos de manera aproximada, a los colores principales, azul, verde, amarillo y rojo.

La intensidad del sesgo del aprendizaje se puso de manifiesto de manera sorprendente mediante un experimento realizado sobre la percepción del color durante los años finales de la década de 1960 por Eleanor Rosch, también de la Universidad de California en Berkeley. Mientras buscaba «categorías naturales» de cognición, Rosch explotó el hecho de que los dani de Nueva Guinea no tienen

palabras para denotar el color; hablan solo de *mili* (aproximadamente, ‘oscuro’) y *mola* (‘claro’). Rosch consideró la siguiente cuestión: si dani adultos se dispusieran a aprender el vocabulario del color, ¿lo harían más fácilmente si los términos de los colores correspondieran a los principales matices innatos? En otras palabras: ¿resultaría canalizada en cierta medida la innovación cultural por las limitaciones genéticas innatas? Rosch dividió a 68 hombres dani voluntarios en dos grupos. Enseñó a uno de ellos una serie de términos de color recién inventados y situados en las principales categorías de matiz de la serie (azul, verde, amarillo y rojo), allí donde se encuentra la mayor parte de vocabularios de las demás culturas. Enseñó a un segundo grupo de hombres dani una serie de nuevos términos colocados descentrados, lejos de los principales grupos formados por los demás lenguajes. El primer grupo de voluntarios, que seguía las propensiones «naturales» de la percepción del color, aprendió aproximadamente el doble de rápido que el grupo al que se le habían dado los términos de colores alternativos, menos naturales. También seleccionaron más rápidamente dichos términos cuando se les dio la oportunidad.

Ahora viene la pregunta que debe contestarse para completar el tránsito desde los genes a la cultura. Dada la base genética de la visión de los colores y su efecto general sobre el vocabulario del color, ¿cuán grande ha sido la dispersión de los vocabularios entre las diferentes culturas? Tenemos al menos una respuesta parcial. A unas cuantas sociedades les preocupa relativamente poco el color. Se las apañan con una clasificación rudimentaria. Otras efectúan muchas distinciones finas entre tono e intensidad dentro de cada uno de los colores básicos. Han expandido sus vocabularios.

¿Ha sido aleatoria dicha expansión? Evidentemente, no. En investigaciones posteriores, Berlin y Kay observaron que cada sociedad usa de dos a once términos básicos para el color, que son puntos focales extendidos a través de los cuatro bloques elementales de colores que se perciben en una serie de Munsell. El complemento completo (utilizando la terminología en castellano) es negro, blanco, rojo, amarillo, verde, azul, pardo, púrpura, rosa, naranja y gris. El idioma dani, por ejemplo, utiliza solo dos de tales términos, el castellano los once. Al pasar de sociedades con clasificaciones sencillas a las que tienen clasificaciones complicadas, las combinaciones de términos de colores básicos, por regla general, aumentan de manera jerárquica, como sigue:

Los lenguajes con solo dos términos de colores básicos los utilizan para distinguir el blanco y el negro.

Los lenguajes con solo tres términos tienen palabras para el negro, el blanco y el rojo.

Los lenguajes con solo cuatro términos tienen palabras para el negro, el blanco, el rojo y el verde o el amarillo.

Los lenguajes con solo cinco términos tienen palabras para el negro, el blanco, el rojo, el verde y el amarillo.

Los lenguajes con solo seis términos tienen palabras para el negro, el blanco, el rojo, el verde, el amarillo y el azul.

Los lenguajes con solo siete términos tienen palabras para el negro, el blanco, el rojo, el verde, el amarillo, el azul y el pardo.

No existe tal precedencia entre los cuatro colores básicos restantes: púrpura, rosa, naranja y gris, cuando se añaden a los siete primeros.

Si se combinaran al azar los términos para los colores, lo que evidentemente no es el caso, los vocabularios humanos del color se obtendrían sin orden ni concierto de entre 2036 combinaciones matemáticas igualmente posibles. La progresión de Berlin-Kay sugiere que, en su mayor parte, tales combinaciones se obtienen de solo veintidós.

En un nivel, las veintidós combinaciones de términos básicos son la dispersión de los memes, o unidades culturales, generadas por las reglas epigenéticas de la visión de los colores y la memoria semántica. En lenguaje simple, nuestros genes prescriben que veamos las distintas longitudes de onda de la luz de una determinada manera. Nuestra propensión adicional a romper el mundo en unidades y a etiquetarlas con palabras, hace que acumulemos hasta once unidades básicas de color en un orden determinado.

Sin embargo, este no es el final de la historia. La mente humana es demasiado sutil y productiva para pararse en once palabras que especifican diferentes longitudes de onda. Como ha señalado el lingüista británico John Lyons, el reconocimiento de un color en el cerebro no conduce necesariamente a un término que denota solo la longitud de onda de la luz. Con frecuencia se inventan otros términos para incluir también otras cualidades, en particular textura, luminosidad, frescor e indelebilidad. En hanunóo, un idioma malayo-polinesio de las Filipinas, *malatuy* significa una superficie parda, húmeda, brillante, del tipo que se ve en el bambú recién cortado, mientras que *marara* es una superficie amarillenta, endurecida, como la del bambú envejecido. Los hablantes hispanos tienden a traducir *malatuy* por 'pardo' y *marara* por 'amarillo', pero así solo captan una parte del significado, y quizá la menos importante. De forma similar, *chloros*, en griego clásico, se suele traducir simplemente por 'verde', en castellano, pero su significado original era aparentemente el frescor o la humedad del follaje verde.

El cerebro busca constantemente significados, conexiones entre objetos y cualidades que atraviesan transversalmente los sentidos y proporcionan información sobre la existencia externa. Penetramos en este mundo a través de los portales limitantes de las reglas epigenéticas. Como se demuestra en los casos elementales del paralenguaje y del vocabulario del color, la cultura ha surgido de los genes y lleva para siempre su sello. Con la invención de la metáfora y del nuevo significado, ha adquirido al mismo tiempo una vida propia. Para poder entender la condición humana, hay que comprender a la vez los genes y la cultura, y no por separado a la manera tradicional de la ciencia y las humanidades, sino conjuntamente, en

reconocimiento de las realidades de la evolución humana.

# CAPÍTULO 8

# La eficacia de la naturaleza humana

¿Qué es la naturaleza humana? No son los genes, que la prescriben, ni la cultura, su producto final. Más bien, la naturaleza humana es alguna otra cosa, para la que solo hemos empezado a encontrar la expresión adecuada. Es el conjunto de las reglas epigenéticas, las regularidades hereditarias del desarrollo mental que sesgan la evolución cultural en una determinada dirección, y así conectan los genes a la cultura.

La naturaleza humana es todavía un concepto esquivo debido a que nuestra comprensión de las reglas epigenéticas que la componen es rudimentaria. Las reglas que he utilizado como ejemplos en capítulos previos no son más que fragmentos arrancados al vasto paisaje mental. Aun así, y puesto que proceden de tantas categorías de comportamiento, ofrecen un testimonio persuasivo de la existencia de una naturaleza humana de base genética. Considérese la variedad de ejemplos que se han revisado hasta aquí: las propiedades alucinatorias de los sueños, el miedo hipnotizador a las serpientes, la construcción de fonemas, las preferencias alimentarias en el sentido del gusto, los detalles de los vínculos entre madre y niño, las expresiones faciales básicas, la reificación de conceptos, la personalización de objetos inanimados, y la tendencia a dividir continuamente objetos y procesos diversos en dos clases discretas. Una regla más, en concreto, la descomposición de la luz en los colores del arco iris, se ha situado dentro de una secuencia causal que va directamente desde los genes hasta la invención del vocabulario. Sirve de prototipo para investigaciones futuras dirigidas a enlazar la ciencia y las humanidades.

Algunas reglas epigenéticas, entre ellas la visión del color, son características de los primates que tienen decenas de millones de años de antigüedad. Otras, como los mecanismos neurales del lenguaje, son típicamente humanas y posiblemente se remontan a no más de varios cientos de miles de años. La búsqueda de la naturaleza humana puede considerarse como la arqueología de las reglas epigenéticas. Está destinada a ser una parte vital de futuras investigaciones interdisciplinarias.

En la coevolución entre genes y cultura tal como ahora la conciben los biólogos y los científicos sociales, los acontecimientos causales recorren, como ondas que se expanden, el trecho que va desde los genes a las células, a los tejidos, y de ellos al cerebro y al comportamiento. Mediante interacción con el ambiente físico y con la cultura preexistente, influyen todavía más en la evolución de la cultura. Pero esta secuencia (componer lo que los genes hacen a la cultura mediante la epigénesis) es solo la mitad del círculo. La otra mitad es lo que la cultura hace a los genes. La cuestión que plantea la segunda mitad del círculo coevolutivo es de qué manera la

cultura ayuda a seleccionar los genes mutantes y recombinantes que subyacen a la naturaleza humana.

Al expresar la coevolución entre los genes y la cultura de una manera tan simple, no pretendo hacer demasiado uso de la metáfora del gen egoísta o minimizar los poderes creadores de la mente. Después de todo, los genes que prescriben las reglas epigenéticas del cerebro y del comportamiento son solo segmentos de moléculas gigantes. No sienten nada, no se preocupan por nada, no pretenden nada. Su papel es simplemente desencadenar las secuencias de reacciones químicas en el interior de la estructuradísima célula fecundada que orquesta la epigénesis. Su mandamiento se extiende a los niveles de la molécula, la célula y el órgano. Este estadio temprano de la epigénesis, que consiste en una serie de reacciones fisicoquímicas secuenciales, culmina en el autoensamblado del sistema sensorial y del cerebro. Solo entonces, cuando el organismo se ha completado, aparece la actividad mental como un proceso emergente. El cerebro es un producto de los niveles más altos del orden biológico, que se encuentran limitados por reglas epigenéticas implícitas en la anatomía y la fisiología del organismo. Al trabajar en un torrente creciente de estímulos ambientales, ve y oye, aprende, planea su propio futuro. Por tales medios el cerebro determina la suerte de los genes que lo prescribieron. A lo largo del tiempo evolutivo, las elecciones agregadas de muchos cerebros determinan el destino darwiniano de todo lo que es humano: los genes, las reglas epigenéticas, las mentes que se comunican y la cultura.

Los cerebros que eligen sabiamente poseen una eficacia darwiniana superior, lo que significa que, estadísticamente, sobreviven durante más tiempo y dejan más descendientes que los cerebros que eligen mal. Esta generalización, por sí misma, que por lo general se condensa en la frase «la supervivencia del más apto», suena como una tautología (los aptos sobreviven, y los que sobreviven son aptos), pero expresa un potente proceso generativo bien documentado en la naturaleza. Durante los cientos de milenios de la historia del paleolítico, los genes que prescribían determinadas reglas epigenéticas humanas aumentaron y se extendieron a través de la especie mediante selección natural y a expensas de otros genes. Por medio de tal proceso laborioso se ensambló la naturaleza humana.

Lo que es verdaderamente único en la evolución humana, por contraposición por ejemplo a la evolución del chimpancé o del lobo, es que una gran parte del ambiente que la ha modelado ha sido cultural. Por lo tanto, la construcción de un ambiente especial es lo que la cultura hace a los genes del comportamiento. Los miembros de las generaciones pasadas que utilizaron su cultura para su mejor ventaja, como los forrajeadores que recogen comida de un bosque cercano, gozaron de la mayor ventaja darwiniana. Durante la prehistoria sus genes se multiplicaron, cambiando los circuitos cerebrales y los rasgos de comportamiento pedacito a pedacito hasta construir la naturaleza humana tal como es hoy en día. El accidente histórico desempeñó un papel en este ensamblaje, y hubo muchas expresiones particulares de

las reglas epigenéticas que resultaron ser autodestructivas. Pero, considerada en su conjunto, la selección natural, mantenida y promediada durante períodos largos de tiempo, fue la fuerza motriz de la evolución humana. La naturaleza humana es adaptativa, o al menos lo fue en el momento de su origen genético.

Puede parecer que la coevolución entre los genes y la cultura genera una paradoja: al mismo tiempo que la cultura surge de la acción humana, la acción humana surge de la cultura. Sin embargo, la contradicción desaparece si comparamos la condición humana con la forma más simple de reciprocidad entre el ambiente y el comportamiento que está muy extendida en el reino animal. Los elefantes africanos, al tiempo que consumen la vegetación de gran número de árboles y arbustos, crean los bosques abiertos en los que estos crecen. Los termes, que se arremolinan a sus pies, consumen los restos de vegetación muerta y construyen termiteros completamente sellados a partir del suelo y de sus propios excrementos, creando microclimas húmedos, ricos en dióxido de carbono, a los que su fisiología está estrechamente adaptada (lo que no es nada sorprendente). Para imaginar a los seres humanos evolucionando entre elefantes y termes en el mismo hábitat durante el pleistoceno, solo tenemos que sustituir en parte el ambiente por la cultura. Mientras que es cierto que la cultura, definida estrictamente como comportamiento complejo aprendido socialmente, se halla limitada evidentemente a los seres humanos, y en consecuencia también es única la reciprocidad entre los genes y la cultura en tanto que ambiente, el principio subyacente es el mismo. No hay nada contradictorio en decir que la cultura surge de la acción humana mientras que la acción humana surge de la cultura.

La imagen biológica general del origen de la naturaleza humana ha repugnado a algunos escritores, incluidos algunos de los más perspicaces intelectuales de las ciencias sociales y de las humanidades. Están equivocados, estoy convencido. Interpretan equivocadamente la coevolución entre los genes y la cultura, y la confunden con el determinismo genético rígido, la desacreditada idea de que los genes dictan determinadas formas de cultura. Creo que las preocupaciones razonables pueden disiparse con el siguiente argumento. Los genes no especifican convenciones complejas tales como el totemismo, los consejos de ancianos y las ceremonias religiosas. Por lo que yo sé, no existe científico serio o estudioso de las humanidades en sus cabales que hayan sugerido nunca tal cosa. En lugar de eso, los complejos de reglas epigenéticas basadas en los genes predisponen a las personas a inventar y adoptar tales convenciones. Si las reglas epigenéticas son lo suficientemente potentes, hacen que los comportamientos a los que afectan evolucionen de manera convergente a través de muchísimas sociedades. Posteriormente, se califican estas convenciones (evolucionadas por la cultura, sesgadas por las reglas epigenéticas) de proposiciones culturales universales. Formas culturales raras también son posibles bajo el mismo supuesto. Todo el asunto puede expresarse de otra forma volviendo a la imagen de la genética del desarrollo. La norma de reacción de los genes responsables resulta muy

estrecha en el caso de una proposición cultural universal; en otras palabras, existen pocos ambientes disponibles para los seres humanos, o ninguno, en los que no surja la convención cultural. En cambio, los genes que generan muchas convenciones raras en respuesta a ambientes cambiantes, con lo que expanden la diversidad cultural, son los que tienen normas de reacción más amplias.

La evolución genética pudo haber ido en el otro sentido al eliminar completamente el sesgo epigenético, expandiendo la norma de reacción de los genes prescriptores hasta un grado indefinido, haciendo con ello que la diversidad cultural explotara. Esta es una posibilidad teórica, pero la existencia de tal fenómeno no implica que la cultura pueda desprenderse del genoma humano. Solo significa que los genes prescriptores pueden hacer que el cerebro aprenda y responda con la misma presteza a cualquier experiencia. El aprendizaje libre de sesgo, si es que existe, no es una eliminación de la coevolución entre los genes y la cultura, sino un producto extremadamente especializado de la misma, basado en un tipo muy peculiar de regla epigenética. Sin embargo, por el momento, el argumento es opinable, porque no se ha descubierto todavía ningún ejemplo de desarrollo mental libre de sesgo. En todas y cada una de las pocas categorías culturales en las que hasta ahora se ha buscado la presencia o ausencia de dicho sesgo, se ha comprobado un cierto grado de sesgo epigenético.

Pudiera parecer que la celeridad de la evolución cultural en tiempos históricos, por sí misma, implica que la humanidad se ha desprendido de sus instrucciones genéticas, o que las ha suprimido de alguna manera. Pero esto es una ilusión. Los viejos genes y las reglas epigenéticas de comportamiento que estos ordenan permanecen confortablemente en su lugar. Durante la mayor parte de la historia evolutiva del *Homo sapiens* y de sus especies antecesoras *Homo habilis, Homo erectus* y *Homo ergaster*, la evolución cultural era lo suficientemente lenta como para permanecer estrechamente emparejada a la evolución genética. Probablemente, durante todo este tiempo, tanto la cultura como los genes que subyacen a la naturaleza humana eran genéticamente aptos. A lo largo de decenas de miles de años, durante el pleistoceno, la evolución de artefactos permaneció casi estática, y presumiblemente lo mismo ocurrió con la organización social básica de las bandas de cazadores-recolectores que los usaban. Hubo el tiempo suficiente, a medida que un milenio sucedía a otro, para que los genes y las reglas epigenéticas evolucionaran al unísono con la cultura. Sin embargo, en el paleolítico superior, de 40 000 a 10 000 años antes del presente, el *tempo* de la evolución cultural se hizo más rápido. Durante el siguiente avance agrícola del neolítico, el paso se aceleró de forma espectacular. Según la teoría de la genética de poblaciones, la mayor parte del cambio fue demasiado rápido para que la evolución genética lo siguiera de cerca. Pero no hay indicios de que los genes del paleolítico desaparecieran simplemente durante esta «revolución creativa». Siguieron en su lugar y continuaron prescribiendo las reglas fundacionales de la naturaleza humana. Si no podían mantener el ritmo de la cultura,

tampoco la cultura pudo erradicarlos. Para bien o para mal, condujeron a la naturaleza humana al caos de la historia moderna.

Por todo ello, tener en cuenta los genes del comportamiento parece un paso prudente cuando se estudia el comportamiento humano. La sociobiología (o la antropología darwiniana, o la psicología evolutiva, o cualquier término políticamente más aceptable con que se elija calificarla) ofrece un eslabón clave en el intento de explicar los cimientos biológicos de la naturaleza humana. Al plantear preguntas enmarcadas en la teoría evolutiva, ya ha dirigido la investigación en antropología y psicología en nuevas direcciones. Su principal estrategia de investigación en los estudios humanos ha consistido en trabajar desde los primeros principios de la genética de poblaciones y de la biología de la reproducción hasta predecir las formas de comportamiento social que confieren la mayor eficacia darwiniana. Después, las predicciones se cotejan con datos tomados de los archivos etnográficos y los registros históricos, así como de estudios de campo recientes diseñados explícitamente para tal fin. Algunas de tales pruebas se realizan en sociedades preletradas y otras sociedades tradicionales, cuyas prácticas sociales conservadoras es probable que se parezcan mucho a las de sus antepasados del paleolítico. De hecho, unas cuantas sociedades en Australia, Nueva Guinea y Sudamérica poseen todavía culturas de la Edad de Piedra, que es la razón por la que los antropólogos las encuentran tan interesantes. Otras pruebas se realizan con datos procedentes de sociedades modernas, en las que las normas culturales de evolución rápida puede que ya no sean aptas de manera óptima. En todos estos estudios, se saca provecho de toda una serie de técnicas analíticas. Estas incluyen hipótesis múltiples en competencia, modelos matemáticos, análisis estadísticos e incluso la reconstrucción de la historia de los memes y de las convenciones culturales por los mismos procedimientos cuantitativos que se utilizan para seguir la evolución de genes y especies.

En el último cuarto de siglo, la sociobiología humana ha crecido hasta convertirse en un tema grande y técnicamente complejo. No obstante, es posible reducir sus principios evolutivos fundamentales a algunas categorías básicas, que ahora resumiré brevemente.

La *selección de parentesco* es la selección natural de los genes basada en sus efectos sobre los individuos que los portan, más los efectos que la presencia de los genes tiene sobre todos los parientes genéticos de los individuos, incluidos padres, hijos, hermanos, primos y otros que todavía viven y son capaces de reproducirse o de afectar a la reproducción de los parientes de sangre. La selección de parentesco es especialmente importante en el origen del comportamiento altruista. Considérese el caso de dos hermanas que comparten la mitad de sus genes por el hecho de tener el mismo padre y la misma madre. Una de ellas sacrifica su vida, o al menos no tiene hijos, con el fin de ayudar a su hermana. Como resultado, la hermana cría más del doble de los hijos que habría criado de otro modo. Puesto que la mitad de sus genes

son idénticos a los de su generosa hermana, la pérdida de eficacia genética resulta más que compensada por la naturaleza altruista del sacrificio. Si los genes predisponen a tales acciones y estas tienen lugar de manera común, los genes pueden extenderse por la población, aunque induzcan a los individuos a sacrificar sus beneficios personales.

A partir de esta sencilla premisa y de complicaciones de la misma ha surgido una bonanza de predicciones acerca de modelos de altruismo, patriotismo, etnicidad, reglas de herencia, prácticas de adopción e infanticidio. La mayoría son nuevos, y muchos han superado bien las pruebas a las que han sido sometidos.

La *inversión de los progenitores* es aquel comportamiento hacia los hijos que aumenta su eficacia al coste de la capacidad de los progenitores para invertir en otros hijos. Las distintas pautas de inversión tienen consecuencias para la eficacia de los genes que predisponen a los individuos a seleccionar dichas pautas. Si se elige una, se tienen más hijos; si se elige otra, se tienen menos hijos. La idea ha dado origen a una «teoría de la familia» de base biológica, que genera nuevas ideas sobre proporciones sexuales, contratos de matrimonio, conflicto entre padres e hijos, dolor por la pérdida de un hijo, violación de menores e infanticidio. En el siguiente capítulo retomaré la teoría de la familia, con el fin de ilustrar de manera más cabal la importancia del razonamiento evolutivo para las ciencias sociales.

La *estrategia de formación de pareja* está influida por el hecho cardinal de que las mujeres se juegan más en la actividad sexual que los hombres, debido al limitado período de tiempo en el que pueden reproducirse y a la gran inversión que de ellas requiere cada hijo concebido. Un óvulo, para poner las cosas en sus términos elementales, es enormemente más valioso que un único espermatozoide, que ha de competir con millones de otros espermatozoides por aquel. Cuando se logra el embarazo se cierran ulteriores oportunidades de cría de la madre durante una fracción sustancial del tiempo que le resta de vida reproductora, mientras que el padre tiene la capacidad física de inseminar a otra mujer casi de inmediato, Con éxito considerable, los matices de este concepto han sido utilizados por los científicos para predecir pautas de elección de pareja y de cortejo, grados relativos de permisividad sexual, ansiedad de la paternidad, tratamiento de las mujeres como recursos y poliginia (esposas múltiples, que en el pasado, al menos, ha sido una situación aceptada en las tres cuartas partes de las sociedades en todo el mundo). El instinto sexual óptimo de los hombres, para poner el asunto en la fórmula, ahora familiar, de la literatura popular, es ser agresivo y salaz, mientras que el de las mujeres es ser tímidas y receptivas. Se espera que los hombres se sientan más atraídos que las mujeres por la pornografía y la prostitución. Y en el cortejo, se predice que los hombres destacan el acceso sexual exclusivo y las garantías de paternidad, mientras que las mujeres destacan de manera consistente el compromiso de los recursos y la seguridad material.

La *clase social* es fundamental en todas las sociedades de mamíferos complejas,

incluida la humanidad. Decir que la gente busca por lo general la clase social, ya sea por el rango, la clase o la riqueza, es resumir una gran parte del catálogo del comportamiento social humano. En las sociedades tradicionales la eficacia genética de los individuos está por lo general (pero no universalmente) correlacionada con la clase social. Especialmente en las sociedades y los estados despóticos, los machos dominantes tienen acceso fácil a múltiples mujeres y producen más hijos, con frecuencia en una desproporción espectacular. A lo largo de la historia, los déspotas (gobernantes absolutos con poderes arbitrarios de vida y muerte sobre sus súbditos) han tenido acceso a cientos e incluso miles de mujeres. Algunos Estados utilizaron reglas explícitas de distribución, como en el Perú incaico, donde por ley a los jefes insignificantes se les daba siete mujeres, a los gobernadores de cien personas, ocho, a los caudillos de mil personas, quince, y a los señores y reyes no menos de setecientas mujeres. Los plebeyos tomaban lo que quedaba. En consecuencia, había un sesgo evidente en la posibilidad de padrear hijos. En los estados industriales modernos, la relación entre clase social y eficacia genética es más ambigua. Los datos demuestran que el nivel social alto del varón está correlacionado con una mayor longevidad y con la cópula con un mayor número de mujeres, pero no necesariamente con el padreo de más hijos.

La *expansión territorial y la defensa* por las tribus y sus equivalentes modernos, las naciones Estado, es una proposición cultural universal. La contribución a la supervivencia y al potencial reproductor futuro, en especial de los líderes tribales, es abrumadora, como lo es el imperativo bélico de la defensa tribal. «¡Nuestro país! —declaraba el comodoro Stephen Decatur, el combativo héroe de la guerra de 1812—, que tenga siempre razón; pero ¡nuestro país, la tenga o no la tenga!». (Sin embargo, la agresividad personal tiene sus límites darwinianos; Decatur murió en un duelo en 1820).

Los biólogos han determinado que la territorialidad no es inevitable durante la evolución social. A lo que parece, está completamente ausente en muchas especies animales. El instinto territorial surge durante la evolución cuando algún recurso vital sirve como «factor dependiente de la densidad». Es decir, el crecimiento de la densidad de población se reduce de forma incremental por una carestía creciente de comida, agua, lugares de nidificación o terreno local disponible para los individuos que buscan estos recursos. Las tasas de mortalidad aumentan o las tasas de natalidad se reducen, o ambas cosas a la vez, hasta que los dos tipos de tasas se equilibran más o menos y la densidad de la población se estabiliza. En tales circunstancias, las especies animales tienden a desarrollar por evolución un comportamiento territorial. La explicación teórica es que los individuos predispuestos hereditariamente a defender recursos privados para ellos y para su grupo social transmiten más genes a la siguiente generación.

En cambio, el crecimiento de otras especies no se estabiliza por los recursos limitantes, sino por cantidades crecientes de emigración, enfermedad o depredación.

Cuando tales factores alternativos dependientes de la densidad son de la mayor importancia, y por lo tanto no se requiere el control de los recursos, la defensa territorial no suele evolucionar como respuesta hereditaria.

Decididamente, la humanidad es una especie territorial. Puesto que el control de los recursos limitantes ha sido un asunto de vida y muerte a lo largo de milenios de tiempo evolutivo, la agresión territorial es generalizada, y la reacción frente a ella suele ser sanguinaria. Es reconfortante decir que la guerra, al ser cultural por su origen, puede evitarse. Por desgracia, esta pizca de sabiduría convencional es solo una verdad a medias. Resulta más correcto, y mucho más prudente, decir que la guerra surge a la vez de los genes y de la cultura, y que la mejor manera de evitarla es un conocimiento cabal de la manera en que estos dos modos de herencia interactúan dentro de los distintos contextos históricos.

El *acuerdo contractual* está tan extendido en el comportamiento social humano, prácticamente como el aire que respiramos, que no llama la atención de manera especial… hasta que se rompe. Pero merece una investigación científica específica por la siguiente razón. Todos los mamíferos, incluidos los seres humanos, forman sociedades basadas en una conjunción de intereses egoístas. A diferencia de las castas de obreras de las hormigas y de otros insectos sociales, se resisten a dedicar su cuerpo y sus servicios al bien común. Más bien al contrario, dedican sus energías a su propio bienestar y al de los parientes más próximos. Para los mamíferos, la vida social es un artificio para aumentar la supervivencia y el éxito reproductor personales. En consecuencia, las sociedades de especies de mamíferos no humanos están mucho menos organizadas que las sociedades de insectos. Dependen de una combinación de jerarquías de dominancia, de alianzas que cambian con rapidez, y de lazos de sangre. Los seres humanos han relajado esta limitación y han mejorado la organización social mediante la extensión de lazos como los de parentesco a otros a través de contratos a largo plazo.

La formación de un contrato es más que una proposición cultural universal. Es un rasgo humano tan característico de nuestra especie como el lenguaje y el pensamiento abstracto, habiéndose construido a la vez desde el instinto y la inteligencia superior. Gracias a los experimentos pioneros de los psicólogos Leda Cosmides y John Tooby, de la Universidad de California en Santa Barbara, sabemos que la formación de un contrato no es simplemente el producto de una única facultad racional, que opera igualmente a través de todos los acuerdos que establecen entre sí las partes que negocian. En cambio, una capacidad, la detección del engaño, se desarrolla hasta niveles excepcionales de agudeza y cálculo rápido. La detección del tramposo destaca en agudeza de la detección del mero error y del establecimiento del intento altruista por parte de los demás. Además, es desencadenada como un procedimiento computacional solo cuando se especifican los costos y los beneficios de un contrato social. Más que el error, más que las buenas obras, y más incluso que el margen de beneficio, lo que atrae la atención es la posibilidad de que otros nos engañen. Excita

la emoción y sirve como la fuente principal de chismorreo hostil y de agresión moralista por la que se mantiene la integridad de la economía política.

La hipótesis de la eficacia genética (que los rasgos de la cultura más ampliamente distribuidos confieren ventaja darwiniana a los genes que predisponen a ella) ha sido verificada razonablemente bien por la evidencia. Los rasgos ampliamente distribuidos son por lo general adaptativos, y su existencia concuerda con los primeros principios de la evolución mediante selección natural. Es cierto, además, que, de manera general, la gente se comporta en su vida diaria como si estuviera guiada, ya sea de forma consciente o inconsciente, por estos primeros principios. El valor de la hipótesis de la eficacia genética reside en los indicios que proporciona en relación con la naturaleza humana y con las nuevas y productivas direcciones que ha estimulado en la investigación científica.

No obstante, hay muchos puntos débiles en la hipótesis de la eficacia genética. En su mayor parte los fallos se deben no a pruebas contradictorias, sino a una escasez de información relevante. Puesto que la genética del comportamiento humano se encuentra todavía en su infancia, hay una ausencia casi absoluta de conexiones directas entre determinados genes y el comportamiento que subyace a los rasgos universales de la cultura. El ajuste observado entre teoría y realidad se basa en gran parte en correlaciones estadísticas. Una de las raras excepciones, que se ha descrito en el capítulo anterior, es la conexión que se ha efectuado con éxito entre la genética y el vocabulario de la visión de los colores.

Las normas epigenéticas que guían el desarrollo del comportamiento permanecen asimismo inexploradas en gran parte, y, como resultado, en la mayoría de los casos solo puede intuirse la naturaleza exacta de la coevolución entre los genes y la cultura. El que las reglas epigenéticas sean funciones rígidas y especializadas del cerebro, y se parezcan así al instinto animal, o que sean algoritmos racionales más generalizados que funcionan a través de una amplia gama de categorías de comportamiento, supone toda la diferencia del mundo. Hasta la fecha, la evidencia muestra que existen ambos tipos de reglas epigenéticas, estrechas y amplias. Por ejemplo, el uso de la sonrisa está canalizado de manera estricta por un conjunto de normas, mientras que la respuesta territorial está canalizada de manera amplia por otro. Pero hasta que tales reglas se documenten mejor y se desenmarañen, junto con la manera en la que guían el desarrollo mental, será difícil explicar la amplia variación cultural que se da en una mayoría de categorías de comportamiento.

Estas limitaciones en la genética y el desarrollo del comportamiento son conceptuales, técnicas y profundas. Pero a la larga son resolubles. A menos que nuevos indicios indiquen otra cosa, será prudente confiar en la consiliencia natural de las disciplinas que ahora tratan de la conexión entre la herencia y la cultura, aunque el respaldo para ella se esté acumulando lenta y fragmentariamente. La resolución de las dificultades espera la expansión futura de la biología y su coalescencia con la

psicología y la antropología.

Hasta la fecha, la categoría del comportamiento humano que proporciona la prueba más acabada de la hipótesis de la eficacia genética es la evitación del incesto. Se dispone ahora de una gran cantidad de información referida a dicho fenómeno a diferentes niveles de la biología y de la cultura. El mismo comportamiento es universal, o casi. Asimismo, su expresión está relativamente bien definida. La actividad sexual en todas las sociedades es relativamente poco común entre hermanos y entre padres e hijos; los hijos producidos por tal actividad son raros; y las uniones a largo plazo realizadas con la finalidad consensuada de tener tales hijos son casi inexistentes.

La explicación actual de la evitación del incesto, que combina la evolución genética y la cultural, es un ejercicio sociobiológico directo. La endogamia a nivel de hermanos y de padres e hijos produce un gran porcentaje de descendientes con defectos genéticos. Los seres humanos tienden a evitar este riesgo mediante la obediencia inconsciente de la siguiente regla epigenética: si se juntan un niño y una niña antes de que uno de los dos tenga trece meses de edad y se crían en estrecha proximidad doméstica (utilizan el mismo orinal, por así decirlo), carecen de interés sexual posterior el uno por el otro, y solo pensar en ello genera una fuerte aversión. Esta incapacidad emocional, reforzada en muchas sociedades por una comprensión racional de la consecuencia de la endogamia, ha conducido a los tabúes culturales sobre el incesto, que prohíben el incesto por el uso y la ley.

Ahora se conoce bien el riesgo de tener hijos anormales debido al incesto, lo que los genetistas denominan depresión endogámica. Por término medio, cada persona porta en algún punto de sus veintitrés pares de cromosomas dos lugares que contienen genes recesivos letales. Los lugares pueden hallarse casi en cualquier parte de los cromosomas. Asimismo, difieren de una persona a otra en su número y situación exactos. Solo uno de los dos cromosomas homólogos del par afectado porta letales en el lugar; el otro cromosoma homólogo porta un gen normal, que enmascara los efectos del gen letal. La razón es la propia letalidad. Cuando ambos cromosomas portan un gen letal en un lugar determinado, el feto aborta o el niño muere en su infancia.

Considérese el caso de una mujer con un gen letal en uno de tales sitios. Si resulta embarazada de su hermano, y si sus propios padres no están emparentados, su hijo tiene aproximadamente una probabilidad entre ocho de morir como feto o como niño. Si posee genes letales en dos de tales lugares, su hijo tiene aproximadamente una probabilidad entre cuatro de morir. Hay, además, una multitud de otros genes recesivos que producen defectos anatómicos y mentales. El efecto total es que la mortalidad temprana de los niños nacidos de relaciones incestuosas es aproximadamente el doble que la de niños exogámicos, y, entre los que sobreviven, los defectos genéticos tales como enanismo, deformidades cefálicas, retraso mental

grave, sordomudez, ensanchamiento del colon y anomalías del tracto urinario son diez veces más comunes.

Las consecuencias destructivas del incesto son un fenómeno natural no solo en los seres humanos, sino también en las plantas y los animales. Casi todas las especies vulnerables a una endogamia moderada o grave utilizan algún método programado biológicamente para evitar el incesto. Entre los simios, los monos y otros primates no humanos, el método tiene dos niveles. En primer lugar, en todas las diecinueve especies sociales en las que se han estudiado las pautas de apareamiento, los individuos jóvenes tienden a practicar el equivalente de la exogamia humana: antes de llegar al tamaño adulto abandonan el grupo en el que nacieron y se incorporan a otro. En los lémures de Madagascar y en la mayoría de especies de monos del Viejo y del Nuevo Mundo, son los machos los que emigran. En los colobos rojos, los papiones sagrados, los gorilas y los chimpancés de África, se van las hembras. En los monos aulladores de América Central y del Sur, se van ambos sexos. Los inquietos jóvenes de estas diversas especies de primates no son expulsados del grupo por adultos agresivos. Su partida parece ser completamente voluntaria.

Sea cual sea su origen evolutivo último, y comoquiera que afecte además al éxito reproductor, la emigración de los jóvenes primates antes de alcanzar la madurez sexual completa reduce mucho la endogamia potencial. Pero la barrera contra la endogamia está reforzada por una segunda línea de resistencia. Esta es la evitación de actividad sexual por parte incluso de aquellos individuos que permanecen con su grupo natal. En todas las especies de primates sociales no humanos en las que se ha estudiado con detalle el desarrollo sexual, entre las que están los titís y tamarinos de Sudamérica, los macacos asiáticos y los papiones y chimpancés africanos, machos y hembras adultos exhiben el «efecto Westermarck»: rechazan a los individuos con los que estuvieron estrechamente asociados en las primeras etapas de la vida. Madres e hijos casi nunca copulan, y hermanos y hermanas mantenidos juntos se aparean con mucha menor frecuencia de lo que lo hacen individuos más lejanamente emparentados.

Esta respuesta elemental fue descubierta, no en monos y simios, sino en los seres humanos, por el antropólogo finés Edward A. Westermarck, que dio cuenta de ella por primera vez en su obra maestra de 1891 *Historia del matrimonio*. Desde entonces, la existencia del fenómeno ha ido obteniendo un apoyo creciente desde varios ámbitos. Ninguno de ellos es más persuasivo que el estudio de los «matrimonios menores» de Taiwan realizado por Arthur P. Wolf, de la Universidad de Stanford. Los matrimonios menores, que antaño estaban muy extendidos por el sur de China, son aquellos en los que niñas no emparentadas son adoptadas por familias, criadas con los hijos varones biológicos en una relación ordinaria de hermano-hermana y después se casan con los hijos. La motivación para tal práctica parece ser el asegurar parejas para los hijos cuando una proporción sexual desequilibrada y la prosperidad económica se combinan para crear un mercado matrimonial muy

competitivo.

A lo largo de cuatro décadas, de 1957 a 1995, Wolf estudió las historias de 14 200 mujeres taiwanesas contratadas para matrimonio menor durante la última parte del siglo XIX y la primera del XX. Las estadísticas se complementaron con entrevistas personales a muchas de estas «nuerecitas», o *sim-pua*, como se las conoce en el idioma hokkien, así como a sus amigos y parientes.

Wolf había dado con un experimento controlado (aunque no previsto) sobre los orígenes psicológicos de una pieza principal del comportamiento social humano. Las *sim-pua* y sus maridos no estaban emparentados biológicamente, de manera que se eliminaban todos los factores concebibles debidos a similaridad genética estrecha. Pero fueron criadas en una proximidad tan íntima como la que experimentan los hermanos y hermanas en los hogares taiwaneses.

Los resultados favorecen de manera indudable la hipótesis de Westermarck. Cuando la futura esposa fue adoptada antes de los trece meses de edad, por lo general se resistió a su posterior matrimonio con su hermano *de facto*. Con frecuencia los padres tenían que obligar a la pareja a que consumara el matrimonio, en algunos casos bajo amenaza de castigo físico. Los matrimonios terminaban en divorcio con una frecuencia tres veces mayor que los «matrimonios mayores» de las mismas comunidades. Producían cerca del 40% menos de hijos, y un tercio de las mujeres había cometido adulterio, en contraposición a un 10%, aproximadamente, de las esposas de los matrimonios mayores.

En una meticulosa serie de análisis cruzados, Wolf identificó el factor inhibidor clave como la coexistencia cercana durante los primeros trece meses de edad de uno o de ambos componentes de la pareja. Cuanto más larga y más íntima era la asociación durante este período crítico, más fuerte era el efecto posterior. Los datos de Wolf permiten la reducción o eliminación de otros factores imaginables que pudieron haber desempeñado un papel, incluida la experiencia de la adopción, el nivel financiero de la familia adoptiva, la salud, la edad para el matrimonio, la rivalidad entre hermanos y la aversión natural al incesto que pudo haber surgido al confundir a la pareja con hermanos verdaderos, genéticos.

Un experimento paralelo y no previsto se ha realizado en los kibbutzim israelíes, donde los niños son criados en jardines de infancia en tanta intimidad como los hermanos y hermanas de familias convencionales. El antropólogo Joseph Shepher y sus colaboradores informaron en 1971 que de los 2769 matrimonios de jóvenes adultos criados en este ambiente, ninguno era entre miembros del mismo grupo de camaradas de kibbutz que habían vivido juntos desde el nacimiento. No había ni siquiera un solo caso conocido de actividad heterosexual, a pesar del hecho de que los adultos del kibbutz no se oponían a ella de manera especial.

A partir de estos ejemplos, y de gran cantidad de indicios anecdóticos adicionales extraídos de otras sociedades, es evidente que el cerebro humano está programado para seguir una regla sencilla: *No tengas interés sexual por los que conociste*

*íntimamente durante los primeros años de tu vida*.

El efecto Westermarck es asimismo consistente con el principio del efecto gradual en psicología. La evidencia procedente de muchas sociedades demuestra que cuanto más íntima sea la asociación durante el período crítico de la primera infancia, menos probable es que tenga lugar la actividad heterosexual. De ahí que el incesto madre-hijo, que es inhibido por el intenso lazo durante la infancia del hijo, es con mucho el caso más raro. Le sigue en rareza el incesto entre hermanos, a continuación la violación sexual de las chicas por sus padres biológicos (digo violación porque rara vez las hijas dan libremente su consentimiento), y finalmente la violación sexual de las chicas por sus padres adoptivos.

Aun así, mientras que los indicios componen un cuadro ordenado y persuasivo, estamos todavía lejos de una explicación completa de la evitación del incesto. No hay una prueba concluyente de que el efecto Westermarck se originara a partir de evolución genética mediante selección natural. Es cierto que todas las señales apuntan en este sentido. La evitación del incesto reduce la endogamia y con ello aumenta la producción de hijos sanos. Dada la variabilidad genética en la simpatía sexual a los camaradas de infancia, aunque fuera solo en un cantidad pequeña, las diferencias en eficacia biológica basadas en ella habrían sido lo suficientemente fuertes, al menos en la teoría de la genética de poblaciones, para extender el efecto Westermarck por toda la población, desde una incidencia muy baja a una presencia muy extendida en solo diez generaciones. Evidencias adicionales se encuentran en la presencia del efecto en otros primates, entre los cuales se cuentan nuestros parientes vivos más cercanos, los chimpancés, en los que el origen es incuestionablemente genético, no cultural. Pero tampoco se ha hecho ningún intento para medir la heredabilidad en la respuesta humana o para descubrir los genes que provocan dicho efecto.

Un segundo defecto en el frente de investigación es que no sabemos el origen psicológico exacto del efecto Westermarck. No se han identificado todavía los estímulos procedentes de los compañeros que desencadenan la inhibición. No se sabe si tienen lugar durante el juego, al comer juntos, en los intercambios agresivos inevitables o durante otros acontecimientos más sutiles y que quizá solo se sienten de manera subliminal. Los estímulos críticos pudieran ser cualesquiera, grandes o pequeños, visuales, auditivos u olfativos, y no necesariamente comprendidos en ningún sentido adulto ordinario. La esencia del instinto tal como la interpretan los biólogos es que es evocado por señales sencillas que solo necesitan asociarse en la vida real con el objeto al que va dirigido. Un aroma o un simple contacto en un momento crítico pueden desatar un comportamiento complejo, o inhibirlo.

Una complicación adicional en la historia de la evitación del incesto en los seres humanos es la existencia de una tercera barrera, los tabúes de incesto, los conjuntos de normas que se transmiten por vía cultural que prohíben la actividad sexual entre parientes muy cercanos. Muchas sociedades permiten o incluso animan los

matrimonios entre primos hermanos, especialmente cuando el enlace sirve para la cohesión del grupo y consolida la riqueza, pero la prohíben entre los hermanos o medio hermanos.

Los tabúes, al ser inventos conscientes y no simples respuestas instintivas, varían muchísimo en su detalle de una sociedad a otra. En muchas culturas están entretejidos con las limitaciones de la clasificación de parentesco y los contratos de matrimonios exógamos. En las sociedades preletradas se suele pensar que el incesto está conectado con el canibalismo, el vampirismo y la brujería maligna, cada uno de los cuales es punible por su propia cuenta. Las sociedades modernas promulgan leyes para hacer desistir del incesto. Durante el período de Mancomunidad y Protectorado de Inglaterra, desde 1650 hasta la Restauración una década después, se castigaba con la muerte. En Escocia, fue nominalmente, hasta 1887, un pecado capital, aunque su transgresión raramente producía más que el encarcelamiento de por vida. En Estados Unidos y en general, el incesto ha sido tratado como un delito mayor penable con multa, prisión o ambas cosas. La violación de niños se considera más abominable si además es incestuosa.

La historia, como ocurre en general para las costumbres humanas, registra excepciones. Entre las sociedades con un cierto grado de permisividad se cuentan o se contaban las de los incas, hawaianos, thais, antiguos egipcios, nkole, bunyoro y ganda (las tres de Uganda), zande (Sudán) y dahomeyanos de África Occidental. En cada caso la práctica está (o en la mayoría de casos estaba, porque ha cesado) rodeada de ritual y limitada a la realeza o a otros grupos de clase alta. En todas las disposiciones incestuosas el varón también se casaba con otras mujeres, procreando así hijos exógamos además de la progenie «pura». Las familias dominantes son o eran patrilineales. La estrategia que produce la eficacia genética máxima para un varón de alto rango es casarse con su propia hermana, produciendo así hijos que comparten con él el 75% de sus genes por herencia común, en lugar del 50% usual, y también desposar a mujeres no emparentadas genéticamente y que tienen más probabilidades de dar a luz hijos normales. Son más difíciles de explicar los casos comunes y bien documentados de matrimonios entre hermano y hermana entre los plebeyos del Egipto romano, desde aproximadamente el año 30 a. C. hasta el 324 d. C. Los textos en papiro de aquel período revelan más allá de cualquier duda razonable que al menos algunos de los hermanos se libraban a relaciones sexuales plenas y descaradas.

Los tabúes de incesto nos han llevado, de nuevo, a la tierra fronteriza entre las ciencias naturales y las sociales. La cuestión que plantean es como sigue: ¿cuál es la relación entre el efecto Westermarck, que es biológico, y los tabúes de incesto, que son culturales?

Puede perfilarse mejor el tema si se distinguen las dos hipótesis principales que compiten por la explicación de la evitación del incesto humano. La primera es la de Westermarck, que resumiré a continuación en un lenguaje puesto al día: las personas

evitan el incesto debido a una regla epigenética hereditaria de la naturaleza humana que han traducido en tabúes. La hipótesis opuesta es la de Sigmund Freud. El efecto Westermarck no existe, insistía el gran teórico cuando se enteró del mismo. Es exactamente lo contrario: el anhelo heterosexual entre los miembros de la misma familia es fundamental e imperioso, y no lo impide ninguna inhibición instintiva. Con el fin de evitar dicho incesto, y la consiguiente y desastrosa destrucción de los lazos familiares, las sociedades inventan tabúes. Un resultado, que Freud desarrolló como parte de su gran proyecto para la psicología, es el complejo de Edipo, el deseo no resuelto de un hijo por la gratificación sexual con su madre y su odio simultáneo hacia el padre, que es considerado como un rival. «La primera elección de objeto en el hombre —escribía en 1917— es por lo general incestuosa, dirigida a la madre y a la hermana y se precisan las más estrictas prohibiciones para evitar que esta tendencia infantil continuada se lleve a efecto».

Calificando la idea del efecto Westermarck de «absurda», Freud salió airoso desde buen principio. Los hallazgos del psicoanálisis, aseguraba, hacen indefendible el fenómeno. También utilizó ampliamente una refutación que realizó James Frazer, el antropólogo y clasicista inglés, autor de *La rama dorada*. Si el efecto Westermarck existiera realmente, razonaba Frazer, no harían falta tabúes. «No es fácil ver por qué ningún instinto humano profundo iba a necesitar ser reforzado por la ley». Esta lógica dominó en los manuales y las revistas científicas durante la mayor parte del siglo XX.

La respuesta de Westermarck a Frazer fue sencilla, igualmente lógica, y apoyada por indicios en cantidades crecientes, pero fue ignorada en la arremetida triunfante de la teoría del psicoanálisis. Los individuos humanos, dijo Westermarck, razonan como sigue: «Soy sexualmente indiferente hacia mis padres y hermanos. Pero, ocasionalmente, pienso cómo sería tener relaciones sexuales con ellos. ¡Tal pensamiento es repugnante! El incesto es forzado y antinatural. Alteraría o rompería otros lazos que he formado con ellos y que debo mantener diariamente para mi propio bienestar. El incesto por parte de otros, por extensión, repugna asimismo a mi mente, y es evidente que también a la de los demás, de modo que los raros casos en los que ocurre deben condenarse por inmorales».

Por razonable que pueda ser esta explicación, y por refrendada que esté por la evidencia, es sin embargo fácil ver por qué Freud y otros muchos teóricos sociales influyentes reaccionaron de manera tan vehemente al efecto Westermarck. Ponía en peligro una pieza fundamental del pensamiento modernista, al poner en cuestión lo que se había llegado a considerar como un avance intelectual básico de la era. Wolf ha expresado con precisión la dificultad: «Freud vio con demasiada claridad que si Westermarck tenía razón, *él* estaba equivocado. La posibilidad de que la asociación en la infancia temprana suprimiera la atracción sexual tenía que negarse, no fuera que la base del complejo de Edipo se desmoronara y con ella su concepción de la dinámica de la personalidad, su explicación de las neurosis y su gran visión de los orígenes de la ley, el arte y la civilización».

El efecto Westermarck causa también otras perturbaciones. Está el asunto de si la regulación social en general existe para reprimir la naturaleza humana o para expresarla. Y de ello surge la cuestión nada trivial de qué implican los tabúes del incesto acerca de los orígenes de la moralidad. La teoría social ortodoxa sostiene que la moralidad es en gran parte una convención de obligación y deber construida a partir del modo y la costumbre. La opinión alternativa, que es la que Westermarck defendía en sus escritos sobre ética, es que los conceptos morales derivan de emociones innatas.

Al menos en la colisión de la teoría ética, el asunto de la evitación del incesto puede zanjarse de manera empírica. O Westermarck o Freud tenían objetivamente razón. La evidencia se inclina ahora fuertemente hacia Westermarck. Pero en los tabúes de incesto hay más cosas que el mero injerto de las convenciones culturales en la preferencia personal. También es posible que las personas observen directamente los efectos de la endogamia. Son capaces de reconocer, al menos de una manera vaga, que los niños deformes son un producto frecuente de uniones incestuosas. William H. Durham, un colega de Arthur Wolf en la Universidad de Stanford, buscó en los registros etnográficos de sesenta sociedades, escogidas aleatoriamente de entre las de todo el mundo, referencias a cualquier forma de comprensión de las consecuencias del incesto. Encontró que veinte de ellas eran conscientes de ello en un cierto grado. Los amerindios tlingit del noroeste del Pacífico, por ejemplo, comprendían de una manera directa que los niños defectuosos suelen ser el producto de uniones de parientes muy próximos. Otras sociedades no solo sabían eso, sino que también desarrollaron teorías populares para explicarlo. Los lapones de Escandinavia hablaban de «mala sangre» creada por el incesto. Los tikopianos de la Polinesia pensaban que el *mara*, la maldición generada por los que practican el incesto, se transmite a sus hijos. Los kapauku de Nueva Guinea, en una teoría similar, creían que el acto del incesto causa un deterioro de las sustancias vitales de los transgresores, que después es transmitido a sus hijos. Los toradja de Sulawesi, Indonesia, eran más cósmicos en su interpretación. Decían que siempre que se aparean personas que tienen determinadas características conflictivas, como ocurre con los parientes cercanos, la naturaleza es lanzada a la confusión.

Curiosamente, mientras que cincuenta y seis de las sesenta sociedades de Durham tenían motivos acerca del incesto en uno o más de sus mitos, solo cinco contenían relatos de efectos negativos. Un número algo mayor le atribuía resultados beneficiosos, en particular la creación de gigantes y héroes. Pero incluso aquí el incesto era considerado como algo especial si no anormal.

En resumen, la imagen objetiva que surge de la investigación de la evitación del incesto humano es una imagen de barreras múltiples y sucesivas. La primera de ellas es el efecto Westermarck, la antigua desensibilización sexual que hasta ahora se ha encontrado en todos los demás primates, de manera que es probable que sea universal en los seres humanos. A continuación está la dispersión de los jóvenes al llegar a la

madurez sexual, que también es un rasgo universal en los primates, que en los seres humanos se manifiesta por la inquietud de la adolescencia y por las prácticas formales del matrimonio exógamo. Las motivaciones psicológicas más profundas de los comportamientos de dispersión y las reglas epigenéticas que los componen siguen siendo desconocidas. Finalmente, están los tabúes culturales del incesto, que realzan el efecto Westermarck y la dispersión. Parece probable que los tabúes hayan surgido del efecto Westermarck, pero también, en una minoría de sociedades, de una percepción directa de los efectos destructivos de la endogamia.

Al traducir el efecto Westermarck en tabúes de incesto, los seres humanos parecen pasar del instinto puro a la pura elección racional. Pero ¿lo hacen realmente? ¿Qué es la elección racional, en todo caso? Sugiero que la elección racional es rebuscar entre todos los escenarios mentales alternativos para dar con los que, en un determinado contexto, satisfacen las reglas epigenéticas más fuertes. Es mediante estas reglas y esta jerarquía de sus resistencias relativas como los seres humanos han sobrevivido y se han reproducido a lo largo de cientos de milenios. El caso de la evitación del incesto puede ilustrar la manera en que la coevolución entre los genes y la cultura ha tejido no solo parte, sino toda la rica trama del comportamiento social humano.

# CAPÍTULO 9

# Las ciencias sociales

La gente espera de las ciencias sociales (antropología, sociología, economía y ciencia política) el conocimiento para comprender su vida y controlar su futuro. Desean el poder de predecir, no el desarrollo preordenado de acontecimientos, que no existe, sino lo que sucederá si la sociedad selecciona una línea de acción frente a otra.

La vida política y la economía ya giran sobre la presumida existencia de dicha capacidad de predicción. Las ciencias sociales están intentando conseguirla, y hacerlo en gran parte sin conexión con las ciencias naturales. ¿Cómo lo están haciendo por sí solas? No muy bien, si se considera cómo les ha ido hasta ahora en comparación con los recursos que tienen a su disposición.

La situación actual de las ciencias sociales puede valorarse si se las compara con las ciencias médicas. A ambas se les han confiado problemas grandes y urgentes. Los científicos médicos son pagados, por ejemplo, para curar el cáncer, corregir defectos genéticos de nacimiento y reparar cordones nerviosos cortados. De los científicos sociales se espera que nos digan cómo moderar el conflicto étnico, convertir los países en vías de desarrollo en democracias prósperas y optimizar el comercio mundial. En ambas esferas los problemas han sido complejos hasta lo intratable, en parte debido a que las causas básicas no se acaban de comprender.

No obstante, las ciencias médicas avanzan de una forma espectacular. Se han conseguido descubrimientos importantísimos en investigación básica, y se espera que otros se consigan en cualquier momento, que quizá conduzcan a más y más curas no invasivas del tipo de bala mágica. Hay mucha excitación que recorre las redes de información global que conecta miles de grupos de investigación bien financiados. Neurobiólogos, virólogos y genetistas moleculares se comprenden y se animan entre sí al tiempo que compiten en la carrera por el descubrimiento.

También existe progreso en las ciencias sociales, pero es mucho más lento, y no todo está animado por el mismo flujo de información y el mismo espíritu optimista. La cooperación es lenta en el mejor de los casos; incluso los descubrimientos genuinos se suelen ver enmascarados por agrias disputas ideológicas. En su mayor parte, antropólogos, economistas, sociólogos y científicos políticos no acaban de comprenderse ni de animarse mutuamente.

La diferencia crucial entre ambos ámbitos es la consiliencia: las ciencias médicas la tienen, y las ciencias sociales no. Los científicos médicos construyen sobre unos cimientos coherentes de biología molecular y celular. Buscan con afán los elementos de la salud y la enfermedad hasta el nivel último de la química biofísica. El éxito de

sus proyectos individuales depende de la fidelidad de su diseño experimental a principios fundamentales, que los investigadores se esfuerzan por hacer consistentes a todos los niveles de la organización biológica, paso a paso, desde el organismo completo a la molécula.

Los científicos sociales, como los científicos médicos, poseen un enorme almacén de información objetiva y un arsenal de técnicas estadísticas refinadas para su análisis. Son intelectualmente capaces. Muchos de sus pensadores principales os dirán, si se les pregunta, que todo va bien, que las disciplinas están encarriladas… o algo así, más o menos. Aún así, resulta evidente incluso con una inspección casual que los esfuerzos de los científicos sociales resultan enmarañados por la desunión y la falta de visión. Y las razones para tal confusión se están haciendo cada vez más claras. Los científicos sociales, en general, rechazan la idea de la ordenación jerárquica del conocimiento que une y guía a las ciencias naturales. Divididos en cuadros independientes, resaltan la precisión en palabras dentro de su especialidad pero raramente hablan el mismo lenguaje técnico de una especialidad a otra. Muchos de ellos, incluso, disfrutan de la atmósfera global de caos que resulta, confundiéndola con el fermento creativo. Algunos están a favor del activismo social partidista, y dirigen la teoría al servicio de sus filosofías políticas personales. En décadas anteriores, los científicos sociales adoptaron el marxismo-leninismo, o (tanto como los biólogos descarriados, que suelen ser los que cargan con las culpas) los peores excesos del darwinismo social. En la actualidad, varias facciones están a favor de posiciones ideológicas que van desde el capitalismo del *laissez faire*[31] hasta el socialismo radical, mientras que unos cuantos promueven versiones de relativismo postmodernista que cuestionan la idea misma del propio conocimiento objetivo.

Son fácilmente subyugados por la lealtad tribal. Gran parte de lo que pasa por teoría social es todavía esclava de los grandes maestros originales, lo que es mal síntoma, dado el principio de que el progreso en una disciplina científica puede medirse por lo rápidamente que sus fundadores son olvidados. Simon Blackburn, en *The Oxford Dictionary of Philosophy*, ofrece un instructivo ejemplo: «Es frecuente referirse a la tradición de la semiótica que sigue Saussure con el término semiología. En la obra de Kristeva, y de forma confusionaria, se apropia la palabra para las emanaciones no racionales de la parte infantil del yo». Y así sucesivamente a través de los desvíos de la teoría crítica, el funcionalismo, historicismo, antihistoricismo, estructuralismo, postestructuralismo y (si la mente no se fortifica para resistir) de aquí a las trampas del marxismo y de la teoría del psicoanálisis en las que una gran parte de la academia desapareció en el siglo XX.

Cada una de estas empresas ha contribuido algo a la comprensión de la condición humana. Los mejores atisbos, si se ponen juntos, explican el amplio alcance del comportamiento social, al menos en el mismo sentido elemental que los mitos de la creación preletrados explican el universo, es decir, con convicción y una cierta consistencia interna. Pero los científicos sociales no han sido nunca (no creo que esta

sea una palabra demasiado fuerte) capaces de encajar sus narraciones en las realidades físicas de la biología humana y de la psicología, aunque con certeza es de aquí, y no de algún plano astral, de donde ha surgido la cultura.

Admito que para cualquier crítico es obligada una gran cantidad de humildad. Todo el mundo sabe que las ciencias sociales son hipercomplejas. Son intrínsecamente mucho más difíciles que la física y la química, y en consecuencia son ellas, y no la física y la química, las que debieran denominarse ciencias duras. Solo parecen más fáciles porque podemos hablar con otros seres humanos y no podemos hacerlo con los fotones, los gluones y los radicales sulfuro. En consecuencia, demasiados manuales de ciencias sociales son un escándalo de banalidad.

Tal es la paradoja de las ciencias sociales. La familiaridad confiere comodidad, y la comodidad engendra descuido y error. La mayoría de personas cree saber cómo piensa, también cómo piensan los demás, e incluso cómo evolucionan las instituciones. Pero se equivocan. Su conocimiento se basa en la psicología popular o casera, la comprensión de la naturaleza humana mediante el sentido común (que Einstein definía como todo lo que se ha aprendido hasta los dieciocho años), atravesada por conceptos erróneos y solo algo más avanzada que las ideas que emplearon ya los filósofos griegos. Los teóricos sociales avanzados, incluidos los que producen refinados modelos matemáticos, están igualmente encantados con la psicología popular. Por regla general, ignoran los hallazgos de la psicología científica y de la biología. Esta es parte de la razón, por ejemplo, por la que los científicos sociales sobreestimaron la fuerza del régimen comunista y subestimaron la fuerza de la hostilidad étnica. Se sorprendieron realmente cuando el imperio soviético se derrumbó, haciendo saltar la tapa de la olla a presión de la superpotencia, y se sorprendieron de nuevo cuando un resultado de esta liberación de energías fue el estallido de refriegas étnicas y de guerras nacionalistas en las esferas de influencia rusa menguante. De forma persistente, los teóricos han juzgado mal el fundamentalismo islámico, que es religión inflamada por la etnicidad. En Estados Unidos, no solo fracasaron en la previsión del colapso del Estado del bienestar, sino que todavía no se han puesto de acuerdo sobre sus causas. En resumen, los científicos sociales en su conjunto han prestado poca atención a los fundamentos de la naturaleza humana, y prácticamente no han tenido interés alguno por sus orígenes profundos.

En este último aspecto, las ciencias sociales se ven entorpecidas por el residuo de fuerte precedente histórico. La ignorancia de las ciencias naturales intencionalmente fue una estrategia que modelaron los fundadores, y en especial Émile Durkheim, Karl Marx, Franz Boas y Sigmund Freud, y sus seguidores inmediatos. Pretendían aislar sus disciplinas nacientes de las ciencias fundacionales de la biología y la psicología, que en el origen de las ciencias sociales eran en cualquier caso demasiado primitivas para ser de relevancia evidente. Esta pose dio sus frutos al principio. Permitió que los estudiosos buscaran pautas por toda la cultura y la organización social, libres de las trabas del padrinazgo de las ciencias sociales, y que compusieran las leyes de la

acción social tal como exigían las pruebas suficientes a primera vista. Pero una vez terminó la era de los pioneros, los teóricos se equivocaron al no incluir la biología y la psicología. Ya no era una virtud evitar las raíces de la naturaleza humana.

Los teóricos se vieron inhibidos para hurgar en dicha dirección por otro problema endémico de las ciencias sociales: la ideología política. Sus efectos han sido especialmente claros en la antropología americana. Franz Boas, ayudado por sus famosas estudiantes Ruth Benedict y Margaret Mead, encabezó una cruzada contra lo que creían (correctamente) que era eugenesia y racismo implícitos en el darwinismo social. Apartando la cautela con el celo moral, convirtieron la oposición en la nueva teoría del relativismo cultural. La lógica de la ideología, que todavía comparten en grado diverso la mayoría de antropólogos profesionales, puede expresarse como sigue:

Es erróneo suponer que los pueblos «civilizados» son los ganadores frente a los pueblos «primitivos» en una lucha darwiniana por la existencia, y por ello son superiores; es erróneo suponer que las diferencias entre ellos son debidas a sus genes más que al producto de la circunstancia histórica. Además, la cultura es asombrosamente compleja y está en armonía con el ambiente en el que ha evolucionado. Por ello, es equivocado pensar que las culturas evolucionan de un nivel inferior a uno superior, y es erróneo sostener explicaciones biológicas de la diversidad cultural.

Al creer que era una virtud declarar que todas las culturas son iguales pero de maneras distintas, Boas y otros antropólogos influyentes fijaron la bandera del relativismo cultural al mástil. Durante las décadas de 1960 y 1970 este credo científico dio fuerza en Estados Unidos y en otras sociedades occidentales al multiculturalismo político. Conocido también como política identitaria, el multiculturalismo político sostiene que las etnias, las mujeres y los homosexuales poseen subculturas que merecen la misma consideración que las de la «mayoría», aunque la doctrina degrada la idea de una cultura nacional unificadora. Al lema de Estados Unidos, «E pluribus unum», ‘De entre muchos, uno’, se le dio la vuelta: «De uno, muchos»; y los que así lo querían se planteaban la siguiente pregunta, con una buena dosis de razonabilidad: ¿qué puede haber de malo en la política identitaria, si aumenta los derechos civiles de los individuos? Muchos antropólogos, con sus instintos fortificados por los fines humanitarios, se hicieron más fuertes en su apoyo del relativismo cultural, al tiempo que se obstinaban en su oposición a la biología en cualquier forma.

De modo que nada de biología. El razonamiento dio luego una vuelta completa con un giro que tuvo que hacer sonreír a los diosecillos de la ironía. Mientras que el relativismo cultural se había iniciado para negar la creencia en las diferencias hereditarias de comportamiento entre grupos étnicos (que es innegable que es una idea no demostrada e ideológicamente peligrosa), después se volvió contra la idea de una naturaleza humana unificada fundamentada en la herencia. Se planteó una gran

cuestión intrincada de la condición humana: si no es la cultura ni una naturaleza humana hereditaria, ¿qué es lo que une a la humanidad? No puede dejarse esta pregunta planteada sin más, porque si las normas éticas son moldeadas por la cultura, y las culturas son infinitamente diversas y equivalentes, ¿qué descalifica la teocracia, por ejemplo, o el colonialismo? ¿O el trabajo infantil, la tortura y la esclavitud?

En confusa respuesta a la pregunta, la antropología está actualmente escindiéndose en dos culturas propias, diferentes pero iguales (desde luego) en mérito. Los antropólogos biológicos intentan explicar la cultura como un producto en último término de la historia genética de la humanidad, renovada cada generación por las decisiones de los individuos influidos por dicha historia. En notable contraste, los antropólogos culturales, descendientes de Boas, ven la cultura como un fenómeno de orden superior, en gran parte libre de la historia genética y que diverge de una sociedad a otra prácticamente sin límite. La idea de los antropólogos biológicos puede compararse con la serie de filmes de *La guerra de las galaxias*, en las que los extraterrestres tienen diferentes anatomías físicas pero, de forma bastante desconcertante, están unidos por una naturaleza humana inconmovible. La visión de los antropólogos culturales se parece más a la de la película *La invasión de los ultracuerpos*, cuyos protagonistas toman forma humana pero conservan su naturaleza alienígena. (El filme que acertó es *Independence Day*: si no es humano, sugiere correctamente, *todo* es extraterrestre).

El estado de cisma de la antropología contemporánea viene ilustrado por la resolución que aprobaron los miembros de la Asociación Americana de Antropología en 1994, que afirmaba por un lado un «compromiso obediente a la variación biológica y cultural» y, por otro, una «negativa a biologizar o de algún otro modo esencializar la diversidad». Nada se dijo de la manera de reconciliar los dos objetivos contradictorios.

¿De qué manera, pues, ha de plantearse la diversidad dentro de la antropología? En ausencia de una búsqueda común de una explicación consiliente, no hay solución. El cisma entre los dos campos continuará abriéndose. Mientras que los antropólogos biológicos se centran cada vez más en la herencia y la reconstrucción de la evolución humana, los antropólogos culturales se apartarán todavía más de las ciencias naturales. De forma creciente, ya alinean su campo de estudio con las humanidades, analizando cada cultura (por ejemplo, la kwakiutl, la yanomamo, la kapauku, la japonesa) como una entidad única. Consideran que la cultura en su conjunto no es predecible ni siquiera definible mediante leyes derivadas de las ciencias naturales. Algunos han llegado aún más lejos, hasta el extremo de adoptar la posición postmodernista extrema de que la ciencia es solo otra manera de pensar, una respetable subcultura intelectual en compañía de muchas otras.

La sociología contemporánea se separa aún más de las ciencias naturales que la

antropología. Tal como se practica generalmente, se puede definir como la antropología de sociedades complejas, en especial de aquellas a las que pertenecen los propios sociólogos. La antropología, por el contrario, puede definirse como la sociología de sociedades más simples, más remotas, a las que los sociólogos *no* pertenecen. Si un tema sociológico representativo es la relación de los ingresos familiares con las tasas de divorcio norteamericanas, un tema antropológico típico es la dote nupcial sudanesa.

Gran parte de la sociología moderna utiliza las medidas exactas y el análisis estadístico. Pero dejando aparte algunos herejes dispersos, entre los más francos de los cuales se cuentan Pierre L. van den Berghe, de la Universidad de Washington, Lee Ellis, de la Universidad Estatal de Minot, Joseph Lopreato, de la Universidad de Texas, y Walter L. Wallace, de la Universidad de Princeton, los sociólogos académicos han permanecido agrupados cerca del extremo no biológico del espectro de estudios culturales. Muchos son, en expresión de Ellis, biofóbicos: temen la biología y están decididos a evitarla. Incluso la psicología es tratada cautelosamente. James S. Coleman, de la Universidad de Chicago, un distinguido e influyente teórico de la corriente principal, experto en los métodos analíticos de las ciencias naturales, podía decir (en 1990) que «la principal tarea de las ciencias sociales es la explicación de los fenómenos sociales, no del comportamiento de individuos solitarios. En casos aislados el fenómeno social puede derivar directamente, a través de adición, del comportamiento de los individuos, pero con más frecuencia no es así. En consecuencia, el objetivo debe centrarse en el sistema social cuyo comportamiento hay que explicar. Dicho sistema puede ser tan pequeño como una diada o tan grande como una sociedad, o incluso un sistema mundial, pero el requerimiento esencial es que el objetivo explicativo esté en el sistema como una unidad, no en los individuos o en otros componentes que lo constituyen».

Para apreciar lo lejos que está la estrategia de investigación de Coleman de la de las ciencias naturales, sustitúyase sistema por organismo, individuo por célula y otros componentes por moléculas, y su afirmación se convierte en la siguiente: «el requerimiento esencial es que el objetivo explicativo esté en el organismo como una unidad, no en las células o las moléculas que lo constituyen». Con una perspectiva tan fija, la biología se habría quedado anclada alrededor de 1850. Es en cambio, una ciencia que resigue la causación a través de muchos niveles de organización, desde el cerebro y el ecosistema hasta el átomo. No existe ninguna razón evidente por la que la sociología no hubiera de tener una orientación similar, guiada por una visión que abarque desde la sociedad hasta la neurona.

Un siglo después de la publicación (1894) del manifiesto de Durkheim *Reglas del método sociológico*, que ayudó a establecer las reglas generales, el enfoque estrechamente estratificado de la disciplina al estudio de las sociedades industrializadas permanece casi inalterado. Robert Nisbet, de la Universidad de Columbia, en una reveladora interpretación de la sociología clásica, considera que el

campo se ha originado más como una forma de arte que como una ciencia, por grande que sea en su concepción. Nisbet cita el objetivo preferido de Herbert Read de gran arte, no solo como la satisfacción de necesidades personales, o incluso la representación de ideas filosóficas o religiosas, sino como la creación de un mundo sintético e internamente consistente a través de imágenes que «nos dicen algo acerca del universo, algo acerca de la naturaleza, acerca del hombre o acerca del propio artista».

En opinión de Nisbet, la sociología no creció como una extensión lógica de las ciencias naturales, el rumbo que sus profetas había previsto en la Ilustración tardía. Por el contrario, fue creada totalmente a partir de los temas básicos del *ethos* occidental, entre ellos el individualismo, la libertad, el orden social y el cambio progresivo. Gran parte de la literatura clásica de la sociología, observó Nisbet, comprende visiones bien elaboradas de la vida social, económica y política en la Europa occidental del siglo XIX y de principios del XX. «Lo que Tocqueville y Marx, y después Toennies, Weber, Durkheim y Simmel, nos dieron en sus obras principales, que van desde *La democracia en América* y *El capital* hasta *Comunidad y sociedad* de Toennies y *Metropolis* de Simmel, es una serie de paisajes, cada uno de los cuales es tan distintivo y apremiante como cualquiera de los que se pueden encontrar entre las grandes novelas o pinturas de su época». Los tropos dominantes de la moderna sociología, desde la comunidad y la autoridad hasta el nivel social y el sacramento, y finalmente la alienación, han crecido de manera frondosa en este suelo humanístico.

El origen quimérico de la sociología, a partir de fragmentos de la ciencia y de las humanidades, es la razón por la que hoy en día sigue siendo el baluarte del modelo de la ciencia social normalizada o tipo (SSSM[32]), la doctrina soberana de la teoría social del siglo XX. El SSSM considera la cultura como un sistema complejo de símbolos y significados que moldean las mentes individuales y las instituciones sociales. Hasta aquí, esto es evidentemente cierto. Pero el SSSM considera asimismo la cultura como un fenómeno independiente irreducible a elementos de biología y psicología, y con ello el producto del ambiente y de antecedentes históricos.

En su forma más pura, el modelo de la ciencia social normalizada pone patas arriba la secuencia, obvia desde el punto de vista intuitivo, de la causación: las mentes humanas no crean la cultura, sino que son ellas mismas producto de la cultura. Este razonamiento se basa, de nuevo, en la negación desdeñosa o directa de una naturaleza humana de base biológica. Su opuesto polar es la doctrina del determinismo genético, la creencia de que el comportamiento humano está fijado en los genes, y que sus propiedades más destructivas, tales como el racismo, la guerra y la división de clases, son en consecuencia inevitables. Debemos resistir al determinismo genético, dicen quienes proponen la forma dura del SSSM, no solo porque es objetivamente incorrecto, sino porque es moralmente erróneo.

Para ser sincero, no he conocido nunca a un biólogo que crea en el determinismo genético tal como se ha definido aquí. Por el contrario, aunque la forma extrema del

modelo de la ciencia social normalizada era una creencia ampliamente compartida por profesionales serios de las ciencias sociales de hace veinte años, hoy en día es rara. Aun así, el choque de ideas antipódicas es algo muy común en la cultura popular, y por desgracia, periodistas y profesores de instituto contribuyen a perpetuarlo. Cuando el asunto se plantea de este modo, los científicos sociales saltan a sus posturas defensivas arcaicas. La confusión continúa reinando y se inflaman las emociones airadas.

¡Ya basta! Un siglo de malentendidos, el Verdún y el Somme extendidos de la historia intelectual de occidente, ha recorrido su trayectoria agotadora, y las guerras de cultura son un viejo juego que se ha quedado anticuado. Ya es tiempo de declarar una tregua y de forjar una alianza. Dentro del amplio terreno intermedio entre el modelo de la ciencia social normalizada y el determinismo genético, las ciencias sociales son intrínsecamente compatibles con las ciencias naturales. Las dos grandes ramas del saber se beneficiarán en la medida en que sus modos de explicación causal se hagan consistentes.

El primer paso en el acercamiento a la consiliencia es reconocer que mientras las ciencias sociales son verdaderamente ciencia, cuando se procede de forma descriptiva y analítica, la teoría social no es todavía verdadera teoría. Las ciencias sociales poseen los mismos rasgos generales que las ciencias naturales en el período inicial, de historia natural o principalmente descriptivo, de su desarrollo histórico. A partir de una base de datos rica han ordenado y clasificado los fenómenos sociales. Han descubierto pautas insospechadas de comportamiento comunal y han seguido la pista, con éxito, a interacciones entre la historia y la evolución cultural. Pero todavía no han urdido una red de explicación causal que corte con éxito a través de los niveles de organización que van desde la sociedad a la mente y al cerebro. No habiendo conseguido hasta ahora sondear este aspecto, carecen de lo que puede llamarse una verdadera teoría científica. En consecuencia, aunque con frecuencia hablan de «teoría» y, además, tratan de la misma especie y del mismo nivel de organización, siguen estando desunidas.

Un término que con frecuencia se aplica a la historia natural en las ciencias sociales es hermenéutica. En su uso original y restringido, la expresión, tomada del griego *hermeneutikós* ('versado en interpretación'), significa el análisis e interpretación detallados de textos, y en especial del Viejo y Nuevo Testamento. Los autores de las ciencias sociales y las humanidades lo han ampliado para que comprenda la exploración sistemática de las relaciones sociales y la cultura, en la que cada tema es examinado por muchos eruditos de culturas distintas y con puntos de vista diferentes. La hermenéutica solvente suele tomar largos períodos de tiempo, incluso generaciones enteras de eruditos. Puesto que en las relaciones humanas raramente pueden realizarse experimentos, los científicos sociales juzgan dichos estudios, en parte por lo completos que sean la descripción y el análisis, y en parte

por la reputación de los expertos que tratan el tema y por el grado de consenso que alcanzan. En los últimos años, esperan, cada vez con más frecuencia, tratamientos estadísticos de muestras replicadas medidas de forma precisa, siempre que las circunstancias permitan esta adopción del procedimiento típico de las ciencias naturales.

Todos estos criterios señalan, asimismo, lo mejor de la historia natural tal como se sigue practicando por parte de grandes sectores de la biología, la geología y otras ramas de las ciencias naturales. Un respeto por el análisis fino de la información objetiva que hacen intelectos expertos es lo que las ciencias sociales y naturales tienen en común. En este sentido, la hermenéutica de la religión de Bali es comparable a la historia natural de su fauna aviar.

Pero si la historia natural, con cualquier nombre que se la conozca, es el fundamento de todas las ciencias, ¿por qué no es todavía teoría? La principal razón es que incluye poco esfuerzo para explicar los fenómenos mediante redes de causación que recorran niveles adyacentes de organización. El análisis es lateral, no vertical. En los ejemplos de Bali, la historia natural se mueve ampliamente a través de la cultura, pero no del cerebro a la mente y de esta a la cultura, y se desplaza a través de muchas especies de aves, pero no de las aves individuales a las especies y de ellas al ecosistema. La historia natural genera teoría científica cuando conecta el mejor conocimiento disponible a través de los niveles de organización. Crea una teoría científica rigurosa cuando los expertos proponen hipótesis en competencia y verificables, que capten todos los acontecimientos plausibles que operan a través de los distintos niveles.

Si los científicos sociales deciden elegir la teoría rigurosa como objetivo último, como han hecho los científicos naturales, tendrán éxito en la medida en que atraviesen amplios trechos de tiempo y espacio. Esto significa, ni más ni menos, alinear sus explicaciones con las de las ciencias naturales. Significa, asimismo, evitar, excepto en el momento de tomar unas copas, las definiciones jocosas del tipo propuesto por el distinguido filósofo Richard Rorty, que ha comparado la hermenéutica con la epistemología, la teoría sistemática del conocimiento: «Seremos epistemológicos cuando comprendamos perfectamente bien lo que está ocurriendo pero deseemos codificarlo con el fin de extenderlo, o reforzarlo, o enseñarlo, o ‘cimentarlo’. Hemos de ser hermenéuticos allí donde no comprendemos lo que está sucediendo pero somos lo suficientemente honestos para admitirlo…». En la propuesta de Rorty, la hermenéutica no es el nombre de una disciplina o de un programa de investigación, como la he reconocido, sino «una expresión de esperanza de que el espacio cultural que ha dejado la desaparición de la epistemología no será ocupado, de que nuestra cultura se convertirá en algo en lo que ya no se sienta la necesidad de limitación y confrontación». En resumen: el discurso entre los expertos puede continuar sin preocuparse por la consiliencia. Ni por el rigor, según parece. Aunque esta concesión es bienvenida por los estudiosos postmodernistas, es una

rendición prematura que habrá de eliminar gran parte del poder y de la alegría de la investigación académica. Desde luego, la creatividad en la investigación puede aparecer de forma inesperada en cualquier forma de indagación, pero resistirse a conectar descubrimientos mediante explicación causal es disminuir su credibilidad. Deja de lado el método científico sintético, que ha demostrado ser el instrumento más potente creado hasta ahora por la mente humana. Perezosamente, devalúa el intelecto.

¿Qué forma precisa habría de tomar la unión entre las ciencias sociales y las naturales? Consideremos cuatro disciplinas en un rimero que abarca ámbitos cada vez mayores de espacio y tiempo, tal como podrían ser descritas por sus profesionales.

El *sociólogo* dice, con orgullo justificable: «Nos interesa el aquí y el ahora, el análisis fino de la vida en sociedades complejas concretas, y la causa y el efecto a través de la historia reciente. Nos situamos cerca de los detalles finos, y a veces nosotros mismos somos parte de ellos, y nadamos literalmente en los detalles. Desde nuestra perspectiva, la variación en el comportamiento social humano parece enorme, quizá indefinidamente plástica».

El *antropólogo* responde: «Sí, esto es cierto en este contexto. Pero retrocedamos y observemos de nuevo. Considérese lo siguiente: nosotros, los antropólogos, estudiamos miles de culturas, muchas de ellas preletradas y no industriales, y la variación que registramos es incluso mayor que la que encuentran los sociólogos. Pero concedo que está lejos de ser infinita en ámbito posible. Entre ellas hemos observado límites y pautas claros. La información procedente de tantísimos experimentos separados en evolución cultural, los que se han realizado de forma separada durante muchos siglos, nos pueden permitir formular leyes de acción social humana».

El *primatólogo*, impaciente, se añade al grupo: «Ya es cierto, ya; la información comparada acerca de sociedades sencillas y complejas son los huesos y tendones de las ciencias sociales. Aun así, es necesario situar vuestros conceptos en una perspectiva aún más amplia. La variación en el comportamiento humano es enorme, pero ni siquiera se acerca a la gama de todas las disposiciones sociales que hemos descubierto en los simios, los monos y otros primates, que fueron creados no por milenios, sino por cincuenta millones de años de evolución. Es aquí, entre las más de cien especies que genéticamente se hallan más cerca de la especie humana, que hemos de mirar para buscar los principios de la evolución social si es que hemos de comprender los orígenes de la cultura».

El *sociobiólogo* añade: «Sí, la clave es la perspectiva. De modo que, ¿por qué no hacerla *realmente* amplia? Mi disciplina, que ha sido desarrollada conjuntamente por biólogos y científicos sociales, examina la base biológica del comportamiento social en todo tipo de organismos. Sé que la sola idea de una influencia biológica en el comportamiento humano en particular ha sido controvertida, especialmente en el campo político, pero considerad lo siguiente. Los seres humanos pueden ser

exclusivos en el grado de plasticidad conductual y pueden ser los únicos que poseen lenguaje, consciencia de sí mismos y capacidad de previsión, pero todos los sistemas humanos tomados conjuntamente forman solo un pequeño subconjunto de los que exhiben las miles de especies animales de insectos y vertebrados muy sociales. Si esperamos crear una verdadera ciencia del comportamiento social, necesitaremos reseguir la evolución divergente de estos grupos de organismos, a través de una escala de tiempo de cientos de millones de años. También es útil reconocer que el comportamiento social humano se originó en último término mediante evolución biológica».

Cada disciplina de las ciencias sociales reina cómodamente en su ámbito elegido de espacio y tiempo mientras permanezca en gran parte sin pensar en las demás. Pero de la falta de una verdadera teoría social proviene el fracaso debilitador de las ciencias sociales a la hora de comunicar con las ciencias naturales e incluso de comunicarse entre sí. Si hay que unir las ciencias sociales y naturales, es necesario definir las disciplinas de ambas mediante las escalas de tiempo y espacio que abarcan individualmente, y no solo por la materia que estudian, como ha sido la práctica habitual hasta aquí, y después es necesario conectarlas.

De hecho, una cierta convergencia ha empezado ya. Las ciencias naturales, por su propia expansión veloz en el tema de estudio durante las últimas décadas, se están acercando a las ciencias sociales. Ya hay cuatro puentes que atraviesan la brecha. El primero es la neurociencia cognitiva, o ciencias del cerebro, con elementos de psicología cognitiva, cuyos profesionales analizan la base física de la actividad mental e intentan resolver el misterio del pensamiento consciente. El segundo es la genética del comportamiento humano, ahora en sus primeras fases de separar la base hereditaria del proceso, incluyendo la influencia sesgadora de los genes en el desarrollo mental. La tercera disciplina que hace de puente es la biología evolutiva, que incluye una hija híbrida, la sociobiología, cuyos investigadores se han propuesto explicar los orígenes hereditarios del comportamiento social. La cuarta son las ciencias ambientales. La conexión de este último campo con la teoría social puede parecer tenue al principio, pero no lo es. El ambiente natural es el teatro en el que la especie humana evolucionó y a la que su fisiología y su comportamiento están finamente adaptados. Ni la biología humana ni las ciencias sociales pueden tener sentido completo hasta que sus visiones del mundo tengan en cuenta este marco de referencia obstinado.

No es difícil imaginarse de qué manera pueden disponerse y atravesarse los estriberones entre las ciencias naturales y las sociales. Considérese un acontecimiento macrosocial concreto, tal como la degradación de las familias en el centro de la ciudad norteamericana, la implosión de las poblaciones rurales en Ciudad de México o la resistencia de la clase media a la introducción prevista del euro en Francia. Los científicos sociales que tratan dichos temas empiezan al nivel del análisis convencional. Ponen orden a los hechos, los cuantifican en tablas, gráficos e

interpretaciones estadísticas. Examinan el contexto histórico. Realizan comparaciones con fenómenos similares en otros lugares, examinan las limitaciones y perjuicios de la cultura circundante y determinan si el género al que pertenecen los acontecimientos está muy difundido o si, en cambio, es único de aquel lugar y tiempo. A partir de toda esta información intuyen las causas del acontecimiento y preguntan: ¿qué significa el acontecimiento? ¿Continuará? ¿Tendrá lugar de nuevo?

La mayoría de científicos sociales de hoy en día se paran aquí, y escriben sus informes. Sin embargo, con la teoría consiliente, los analistas futuros hurgarán más profundamente y terminarán con una mayor comprensión y con mayor poder de predicción. En el escenario ideal en las épocas que han de venir, descompondrán en factores los principios de la psicología, y en especial de la psicología social. Con estas dos últimas palabras no me refiero a la intuición de una única persona o equipo, por dotados que sean, ni a creencias populares acerca del comportamiento humano, por emocionalmente satisfactorias que sean. Me refiero al conocimiento completo a partir de una disciplina madura y exacta de la psicología. En pocas palabras, el tema que por lo general ignoran los científicos sociales.

Desde este punto en adelante, permítaseme sugerir un escenario completo de investigación consiliente. Nuestros analistas futuros comprenden muy bien cómo surge el comportamiento social a partir de la suma de la emoción e intención individuales dentro de ambientes determinados. Saben, al mismo tiempo, que el comportamiento individual se origina a partir de la intersección de la biología y el ambiente. Su comprensión del cambio cultural viene aumentada por atisbos procedentes de la biología evolutiva, que interpreta las propiedades específicas del comportamiento humano como productos de la evolución genética. Tienen cuidado a la hora de expresar tal idea, evitando la asunción de que los genes prescriben el comportamiento de una manera simple, de uno sobre uno. En lugar de eso, los analistas utilizan una fórmula más elaborada que transmite el mismo significado de manera más precisa: *El comportamiento está guiado por reglas epigenéticas*.

La epigénesis, que originalmente era un concepto biológico, significa el desarrollo de un organismo bajo la influencia conjunta de la herencia y el ambiente. Las reglas epigenéticas, para resumir muy brevemente mi explicación de los dos capítulos anteriores, son operaciones innatas del sistema sensorial y del cerebro. Son normas básicas que permiten a los organismos encontrar soluciones rápidas a problemas que se plantean en el ambiente. Predisponen a los individuos a considerar el mundo de una determinada manera innata y a efectuar automáticamente unas determinadas elecciones frente a otras. Con las reglas epigenéticas vemos el arco iris en cuatro colores básicos y no como un continuo de frecuencias de luz. Evitamos aparearnos con un hermano, hablamos en frases gramaticalmente correctas, sonreímos a los amigos y cuando estamos solos tenemos miedo de los extraños en los primeros encuentros. Típicamente movidas por la emoción, las reglas epigenéticas, en todas las categorías del comportamiento, dirigen al individuo hacia aquellas

respuestas relativamente rápidas y precisas que es más probable que aseguren la supervivencia y la reproducción. Pero dejan abierta la generación potencial de una inmensa gama de variaciones y combinaciones culturales. A veces, en especial en las sociedades complejas, ya no contribuyen a la salud ni al bienestar. El comportamiento que dirigen puede tornarse sesgado y militar contra los mejores intereses del individuo y de la sociedad.

Llegados a este punto, mis analistas imaginados, al sondear lo irracional de los asuntos humanos, habrán reseguido el hilo de Ariadna de la explicación causal desde los fenómenos históricos hasta las ciencias del cerebro y la genética; de modo que habrán salvado la divisoria entre las ciencias sociales y las naturales. Tal es la previsión optimista que en la actualidad comparten un reducido número de intelectuales a ambos lados de la divisoria. A ella se oponen al menos un número igual de críticos que la encuentran imperfecta desde el punto de vista filosófico, o si no imperfecta, al menos técnicamente demasiado difícil para que jamás se llegue a conseguir. Todos mis instintos me dicen que tal cosa sucederá. Si puede conseguirse la unión, las ciencias sociales abarcarán una escala de tiempo y de espacio mayor, y cosecharán nuevas ideas en abundancia. La unión es la mejor manera de que las ciencias sociales ganen en poder de predicción.

¿Cómo expandir la escala de tiempo y espacio? Existen muchas entradas potenciales a lo largo de toda la gama del comportamiento humano, incluyendo las que implican el arte y la ética y que desarrollaré en los capítulos siguientes. Para una que es inmediatamente relevante para las ciencias sociales, considérese la teoría fundamental de la familia, desarrollada durante los treinta últimos años por biólogos evolutivos y psicólogos. En 1995, Stephen T. Emlen, de la Universidad de Cornell, completó una reelaboración de la teoría con especial referencia a la cooperación y al conflicto entre los padres y sus hijos adultos que forman grupos sociales. La hipótesis básica es la evolución mediante selección natural: la cooperación y el conflicto se han desarrollado como instintos porque aumentan la supervivencia y la reproducción de los individuos que los presentan. Los datos que Emlen utilizó para expandir la hipótesis, y para comprobar la teoría construida a partir de ella, se obtuvieron de estudios realizados por muchos investigadores independientes en alrededor de un centenar de especies de aves y mamíferos de todo el mundo.

Las pautas que la teoría predecía se correspondieron de una manera general con la evidencia. Aunque los datos se obtuvieron exclusivamente a partir del comportamiento instintivo de los animales, la importancia de las pautas para temas fundamentales de las ciencias sociales y de las humanidades se harán inmediatamente evidentes:

En las aves y los mamíferos no humanos, las familias son básicamente inestables, pero no ocurre así en las que controlan recursos de alta calidad. Las dinastías, en las que un linaje genético persiste a lo largo de muchas generaciones, surgen en

territorios que son permanentemente ricos en recursos.

Cuanto mayor es el grado de relación genética de los miembros de la familia, por ejemplo entre padre e hijo en oposición a entre tío y sobrino, mayor es el grado de cooperación.

Debido a esta facilidad de cooperación y a la evitación general e instintiva del incesto, cuanto más estrecha es la relación genética de los miembros de la familia, menor es la frecuencia de conflicto sexual.

Lo estrechamente que los miembros de la familia estén relacionados afecta asimismo a las formas de conflicto y compromiso. Los machos que crían invierten menos en su descendencia cuando la paternidad es incierta. Si la familia consta de una única pareja conyugal, y uno de los padres desaparece, los hijos del sexo opuesto compiten con el progenitor que sobrevive para obtener la categoría de reproductor. Cuando el padre muere, por ejemplo, es probable que una madre todavía fecunda entre en conflicto con su propio hijo por la condición de pareja que este puede adquirir entonces, y es probable que un hijo haga desistir a su madre de establecer una nueva relación sexual.

Un resultado general de esta pauta de conflicto y de compromiso es que las familias adoptivas son menos estables que las familias biológicamente intactas. Los padres adoptivos invierten menos en los hijos existentes que los padres biológicos. En muchas especies, matan a los jóvenes si tal acción acelera el éxito de su propia reproducción. Ello es especialmente probable cuando el padre adoptivo pertenece al sexo dominante.

La reproducción en el seno de una familia (utilizando parejas adquiridas del exterior) es compartida de forma creciente cuando hay una mejora en la opción alternativa de que los miembros subordinados se dispersen e inicien familias por su cuenta. Tal refrenamiento es mucho mayor cuando los miembros son genéticamente muy próximos, y cuando los individuos que cooperan son hermanos y no padres e hijos.

Al aplicar esta documentada teoría a los seres humanos es siempre prudente, desde luego, ser consciente de la intervención masiva del cambio cultural. La variación resultante de convenciones es a veces lo suficientemente grande como para incluir lo extraño y lo perverso (¿de qué otra forma podemos calificar la antigua costumbre de comerse el cerebro henchido de kuru de los parientes muertos del pueblo fore[33], de Nueva Guinea, que los condenaba, sin saberlo, a una enfermedad fatal?). Pero la experiencia en comportamientos tales como la evitación del incesto ha demostrado que los instintos duros de animales son traducibles en reglas epigenéticas del comportamiento humano. Al igual que ocurre con las colinas que encierran antiguos enclavamientos humanos en la llanura del Éufrates y que aguardan la pala del arqueólogo, se encuentran allí donde la larga historia de una cultura puede buscarlas de manera más eficiente. El papel práctico de la teoría evolutiva es señalar la localización más probable de las reglas epigenéticas.

Dentro de las ciencias sociales, la empresa mejor situada para salvar la brecha hasta las ciencias naturales, la que más se le parece en estilo y confianza propia, es la economía. Esta disciplina, fortalecida con modelos matemáticos, adornada anualmente por su propio Premio Nobel en ciencia económica, y premiada con el poder en los negocios y la política, merece el título que se le ha dado con frecuencia de reina de las ciencias sociales. Pero su semejanza con la ciencia «real» suele ser superficial y se ha conseguido a un precio intelectual exorbitante.

El potencial y el precio de la teoría económica puede comprenderse de forma más clara contra un fondo histórico. Jürg Niehans, en su obra magistral *A History of Economic Theory*, reconoce tres períodos en la evolución de la corriente principal de la economía. En la era clásica de los siglos XVIII y principios del XIX, los padres fundadores, entre los que se incluyen Adam Smith, David Ricardo y Thomas Malthus, consideraban la economía como un sistema cerrado de renta que circulaba. Guiada por la oferta y la demanda, la economía controla los recursos económicos y los convierte con la finalidad de obtener beneficios. El postulado central de la economía de libre mercado lo introdujo durante este período Adam Smith. Según su concepto de la mano invisible, los productores y los consumidores individuales, cuando son libres de procurar sus propios intereses, impulsan la economía hacia delante y, con ello, trabajan para el mejor interés de la sociedad en su conjunto.

En la era marginalista, que empezó hacia 1830 y tuvo su apogeo unos cuarenta años más tarde, la atención se dirigió hacia las propiedades de la mano invisible. Los mecanismos internos e imaginados de la economía se descompusieron en decisiones individuales tomadas por aquellos agentes (personas, empresas, gobiernos) cuyas actividades podían examinarse mediante la ayuda de modelos matemáticos. Dentro del marco de la teoría abstracta, semejante a la física, los analistas podían entonces manipular la economía como un mundo virtual, planteando y prediciendo los efectos de niveles diversos de producción y consumo. Se empleó el cálculo diferencial para evaluar el cambio económico como consecuencia de variaciones muy pequeñas, y por lo tanto «marginales», en la producción y el consumo. Con la escasez y la demanda creciente o menguante, cada unidad de nueva producción (por ejemplo, de oro, petróleo o vivienda) sube o baja en precio en correspondencia. En su conjunto, estos cambios, que funcionan a través de complejas redes de intercambio, impulsan a la economía hacia estados estacionarios en la oferta y la demanda, o lejos de ellos.

Así se construyó la base de la microeconomía, que pretende describir el cambio económico en medidas exactas: costo marginal, que es el aumento en el costo total que tiene lugar por la producción de una unidad adicional de producto; producto marginal, que es el crecimiento en producto total a partir de una unidad adicional de entrada productiva; beneficio marginal, que es el crecimiento del beneficio total por la venta de una unidad de producto; y utilidad marginal, la satisfacción añadida por el consumo de una unidad de producción. A la manera de las ciencias naturales, los modelos de la economía marginalista permiten que las variables cambien solas o en

combinación, al tiempo que se mantiene constante el saldo. Cuando se manejan hábilmente, los modelos ofrecen un cuadro metódico. El macroanálisis de la era clásica se combinó a continuación con el microanálisis analítico de la era marginalista, lo que hizo de manera muy influyente Alfred Marshall en sus *Principios de economía*, de 1890. El resultado, en frase que hizo célebre Thorstein Veblen en 1900, fue la economía neoclásica.

La economía neoclásica es lo que tenemos hoy, pero hubo aún otro período superpuesto, la era de la construcción de modelos, que la llevó a su realización. Desde la década de 1930, los teóricos añadieron programación lineal, teoría de juegos y otras técnicas matemáticas y estadísticas potentes en sus esfuerzos para simular el mundo económico en detalle cada vez más fino. Fortalecidos por el sentido de su propia exactitud, continuaron volviendo a los temas de los equilibrios y de las perturbaciones de dichos equilibrios. Especificaron, tan fielmente como podían, oferta y demanda, impulsos de empresas y consumidores, competencia, fluctuaciones y hundimientos del mercado, y el uso óptimo del trabajo y de los recursos.

En la actualidad, el filo cortante de la teoría económica siguen siendo los modelos de equilibrio de la teoría neoclásica. Se sigue haciendo énfasis en el rigor. Los analistas están totalmente de acuerdo con Paul Samuelson, uno de los economistas más influyentes del siglo XX, en que «la economía se centra en conceptos que en la actualidad pueden medirse».

Aquí residen los puntos fuertes y los puntos débiles de la teoría económica actual. Puesto que los puntos fuertes ya han sido cantados en abundancia por legiones de autores de manuales y de periodistas, permítaseme comentar los débiles. Pueden resumirse en dos etiquetas: newtoniana y hermética. Newtoniana, porque los teóricos de la economía aspiran a encontrar leyes sencillas y generales que cubran todas las posibles situaciones económicas. La universidalidad es un objetivo lógico y valioso, excepto que los rasgos innatos del comportamiento humano aseguran que solo una minúscula parte de tales situaciones es probable o incluso posible. Del mismo modo que las leyes fundamentales de la física no pueden utilizarse en solitario para construir un avión, las construcciones generales de la teoría del equilibrio no pueden utilizarse por sí solas para visualizar un orden económico óptimo o incluso estable. Los modelos son incompletos asimismo porque son herméticos, es decir, aislados de las complejidades del comportamiento humano y de las limitaciones que impone el ambiente. Como resultado, los teóricos de la economía, a pesar del genio indudable de muchos de ellos, han tenido poco éxito a la hora de predecir el futuro económico, y han sufrido muchos fracasos embarazosos.

Entre los éxitos se cuenta la estabilización parcial de unas cuantas economías nacionales. En Estados Unidos, el Consejo de la Reserva Federal tiene ahora el suficiente conocimiento y poder legal para regular el flujo de dinero y evitar (¡confiemos en ello!) que la economía se abalance hacia inflaciones y depresiones catastróficas. En otro frente, se conoce razonablemente bien la fuerza motriz de la

innovación tecnológica en el crecimiento, al menos de manera aproximada y en retrospectiva. En otro, todavía, los modelos de precios de bienes de capital tienen una importancia grande en Wall Street.

Estamos mucho mejor si los economistas hablan que si permanecen callados. Pero los teóricos no pueden responder de manera definitiva a la mayoría de las preguntas macroeconómicas clave que preocupan a la sociedad, incluida la cantidad óptima de regulación fiscal, la futura distribución de las rentas dentro de las naciones y entre ellas, el crecimiento y distribución óptimos de la población, la seguridad financiera a largo plazo de los ciudadanos individuales, el papel del suelo, el agua, la biodiversidad y otros recursos agotables y que disminuyen, y la fuerza de las «externalidades», tales como el ambiente global que se está deteriorando. La economía mundial es una nave que marcha a toda velocidad por aguas no cartografiadas, llenas de peligrosos escollos. No existe un acuerdo general acerca de cómo funciona. La estima de que gozan los economistas proviene no tanto de los éxitos de su hoja de servicios como del hecho de que las empresas y los gobiernos no tienen a nadie más a quien dirigirse.

Esto no significa que los economistas lo harían mejor si abandonaran los modelos matemáticos en favor de la intuición y de la descripción. El gran mérito de los modelos, al menos en las ciencias naturales, es que obligan a los investigadores a proporcionar definiciones no ambiguas de las unidades, tales como átomos y genes, así como de los procesos, tales como movimiento y cambio. Cuando está bien concebido, un modelo no deja duda alguna acerca de sus asunciones. Lista los factores importantes y ofrece probabilidades informadas acerca de su interacción. Dentro de este marco autoimpuesto, el investigador realiza predicciones sobre el mundo real, y cuanto más precisa sea la predicción, mejor. Coloca así el producto de su pensamiento en juego, al exponerlo a la prueba o refutación comprobatoria. En ciencia no hay nada más provocativo que una predicción netamente definida y sorprendente, y nada se considera con mayor estima que dicha predicción confirmada en detalle.

Con este objetivo, los científicos buscan cuatro cualidades en la teoría en general y en los modelos matemáticos en particular. La primera es la *parsimonia*: cuantas menos unidades y procesos se utilicen para explicar el fenómeno, mejor. Debido al éxito de la parsimonia en las ciencias físicas, en la actualidad no necesitamos una sustancia imaginaria denominada flogisto para explicar la combustión de la leña, o un éter inexistente que llene el vacío del espacio. La segunda cualidad es la *generalidad*: cuanto mayor sea la gama de fenómenos cubiertos por el modelo, más probable es que sea cierto. En la química reactiva, la tabla periódica impide que cada elemento y compuesto tenga una teoría distinta. Una única teoría funciona exactamente para todos ellos.

La siguiente cualidad es la *consiliencia*. Las unidades y procesos de una disciplina que se ajustan al saber sólidamente verificado en otras disciplinas han

resultado ser, de manera consistente, superiores en la teoría y en la práctica a las unidades y procesos que no se ajustan. Esta es la razón por la que, en cada grupo de datos de cada nivel de la biología, desde la química del ADN hasta la datación de los fósiles, ha resultado que la evolución orgánica mediante selección natural ha derrotado al creacionismo. Dios puede existir, puede que Él se deleite con lo que estamos consiguiendo en este planeta menor, pero no se necesita Su fina mano para explicar la biosfera. Y, finalmente, participando de todas las virtudes anteriores, la cualidad definitiva de la buena teoría es la *predecibilidad*. Resisten las teorías que son precisas en las predicciones que hacen a través de muchos fenómenos y cuyas predicciones son más fáciles de comprobar mediante observación y experimentación.

Antes de evaluar la teoría económica según estos criterios, pienso que es justo valorar una rama de la biología con un nivel comparable de dificultad técnica. La genética de poblaciones trata de las frecuencias y distribuciones de los genes y otras unidades hereditarias en el interior de poblaciones completas (un ejemplo de una población es el conjunto de miembros de una especie de pez que vive en un lago). La genética de poblaciones, que ha acumulado, como la teoría económica, una extensa enciclopedia de modelos y ecuaciones, es seguramente la disciplina más respetada dentro de la biología evolutiva. Su modelo fundamental es el principio, o «ley», de Hardy-Weinberg, una sencilla fórmula de probabilidad basada en la genética mendeliana elemental. El principio de Hardy-Weinberg nos dice que, si en una población que se reproduce sexualmente existen dos formas, o alelos, del mismo gen, cada una de las cuales prescribe un tipo de sangre o una forma de la oreja distintas, y si sabemos los porcentajes de los dos alelos en la población, podemos predecir con precisión los porcentajes de individuos que poseerán los diferentes pares de alelos. Y al contrario, a partir del porcentaje conocido de solo uno de dichos pares, podemos afirmar al momento el porcentaje de los alelos de toda la población. He aquí un ejemplo para mostrar cómo funciona.

En el ser humano, el lóbulo de la oreja cuelga libre o bien está pegado al lado de la cabeza, y la diferencia se debe a dos formas del mismo gen. Llamemos A al alelo del lóbulo libre y a al alelo del lóbulo pegado. El lóbulo libre es dominante sobre el lóbulo pegado. Así pues, todos los individuos de la población tienen una u otra de las tres combinaciones siguientes:

AA, lóbulo libre
Aa, lóbulo libre
aa, lóbulo pegado

Siguiendo la convención usada en genética, la frecuencia (que va de 0 a 1,0, es decir, de cero a 100%) de A se denomina p, y la frecuencia de a se llama q. El principio de Hardy-Weinberg es consecuencia de la herencia mendeliana y de la aleatoriedad con la que un alelo de un óvulo se combina con un alelo de un

espermatozoide en la fecundación. Se escribe como un desarrollo binomial simple, ya que por definición $p + q = 1{,}0$ y, por lo tanto, $(p + q)^2 = (1{,}0)^2 = 1{,}0$, y por tanto

$$p + q = (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1{,}0$$

donde $p^2$ es la frecuencia de AA, 2pq la frecuencia de Aa y $q^2$ la frecuencia de aa. La razón de ser de la fórmula es la siguiente: hay una probabilidad p de que un óvulo contenga A, y una probabilidad p de que el espermatozoide que lo fecunde sea también A, de modo que hay una probabilidad (es decir, frecuencia) $p^2$ de que el individuo creado sea AA, y así sucesivamente para pq y $q^2$. Supóngase que el 16% (la frecuencia es entonces de 0,16) de los miembros de una población posean un lóbulo de la oreja pegado, en otras palabras, que sus dos alelos sean aa. Entonces la fórmula de Hardy-Weinberg predice que el 40% (0,4, la raíz cuadrada de 0,16) de los alelos de la población serán a, y el 60% A. También predice que el 36% (0,36, o 0,60 × 0,60) de los individuos tendrán la combinación AA, y el 48% (0,48, o 2 × 0,4 × 0,6) tendrán la Aa.

Existen algunas condiciones importantes ligadas al uso de la fórmula de Hardy-Weinberg en el mundo real. Pero no la debilitan. Por el contrario, son las que hacen que sea interesante e incluso más útil. Las sencillas predicciones de esta fórmula serán exactamente correctas si la selección natural no favorece una de las combinaciones génicas frente a las demás, si todos los miembros de la población se aparean aleatoriamente y si la población es infinitamente grande. Las dos primeras condiciones son improbables y la tercera imposible. Con el fin de acercarse más a la realidad, los biólogos teóricos «relajan» estas restricciones, primero una cada vez, y después en diversas combinaciones. Por ejemplo, reducen el número de organismos imaginados desde infinito hasta los números que se encuentran naturalmente en las poblaciones reales, y que por lo general oscilan entre diez y un millón, según la especie. Después, tienen en cuenta la variación al azar en las frecuencias génicas de una generación a la siguiente. Cuanto menor es la población, mayor la variación. El mismo principio dicta que si, en pruebas repetidas, se lanzan al aire un millón de monedas no alteradas, el resultado casi siempre estará muy próximo a mitad caras y mitad cruces, mientras que si solo se lanzan diez monedas cada vez, solo ocasionalmente se obtendrá una proporción exacta de mitad y mitad; y, de promedio, en uno de cada 512 lanzamientos todas las monedas serán caras o todas cruces.

Piense ahora el lector en la reproducción sexual como el equivalente de lanzar monedas al aire, y que cada generación es una nueva prueba de lanzamiento. El cambio en la frecuencia génica de una generación a la siguiente por azar es la evolución mediante deriva genética. En poblaciones con cien individuos o menos, la deriva genética puede ser una fuerza poderosa. Su tasa puede describirse de forma precisa mediante medidas estadísticas que nos informan acerca del destino de grandes

muestras de poblaciones del mismo tamaño. Estas medidas revelan que el efecto principal de la deriva genética es reducir la variación mediante la eliminación de algunas de las formas génicas. Esto, combinado con la aleatoriedad del cambio, significa que la deriva genética es un proceso mucho menos creativo que la selección natural.

Cuando a los modelos se les añade la selección natural, el impacto de la deriva genética se reduce, al tiempo que las frecuencias génicas van en una dirección u otra a velocidades predecibles. Los genetistas de poblaciones hacen sus modelos todavía más complejos y presumiblemente más próximos a la naturaleza de varias maneras. Por ejemplo, decretan que el apareamiento no sea aleatorio, o bien separan las poblaciones en fragmentos que continúan intercambiando migrantes, o disponen que sean constelaciones de genes en lugar de genes únicos las que prescriban los rasgos característicos.

Los modelos de los genetistas de poblaciones producen predicciones exactas en los mundos virtuales limitados por las asunciones que se han seleccionado para su evaluación. Con frecuencia pueden hacerse corresponder a la dinámica de poblaciones de animales y plantas de laboratorio que son gestionadas de forma precisa. Sin embargo, es notorio que no son buenos pronosticadores de la evolución en la naturaleza. El fallo no está en la lógica interna de la teoría, sino en la impredecibilidad de la propia naturaleza. El ambiente cambia constantemente, alterando los valores de los parámetros que los genetistas introducen en sus modelos. El cambio climático y las catástrofes meteorológicas fragmentan algunas poblaciones mientras permiten que otras se expandan y aglutinen. Nuevos depredadores y competidores invaden, al tiempo que los antiguos se retiran. La enfermedad barre los hábitats. Las fuentes de alimento originales desaparecen y aparecen otras nuevas.

Los biólogos evolutivos, como los meteorólogos que predicen el tiempo, se ven confundidos por la turbulencia del mundo real. Han tenido algún éxito a la hora de predecir cambios en pequeños conjuntos de genes y rasgos a lo largo de unas pocas generaciones. Pueden explicar retrospectivamente muchas de las mayores vueltas y revueltas de la evolución a largo plazo, a partir del registro fósil y de la reconstrucción lógica de los árboles genealógicos de las especies actuales. Pero rara vez han sido capaces de predecir acontecimientos futuros con precisión. Tienen igual dificultad a la hora de retrodecir acontecimientos del pasado (es decir, predecir la ocurrencia de tales acontecimientos del pasado antes de que se inicie la búsqueda de trazas de los mismos y se efectúen reconstrucciones). Es poco probable que lo hagan hasta que la ecología y otras ciencias ambientales hayan madurado lo suficiente como para resultar asimismo predictivas, y puedan proporcionar así el contexto completo y exacto en el que tiene lugar la evolución.

La economía, en la cresta de la ola de las ciencias sociales, comparte las mismas dificultades que la genética de poblaciones y las ciencias ambientales. Es vapuleada por «choques exógenos», todos los incontables acontecimientos de la historia y del

cambio ambiental que hacen subir y bajar los valores de los parámetros. Por sí solo, esto ya limita la precisión de las predicciones económicas. Excepto en los términos más generales y estadísticos, los modelos económicos no pueden predecir la aparición de mercados alcistas o bajistas, o los ciclos que abarcan décadas que desencadenan la guerra y la innovación tecnológica. No pueden decirnos si el recorte de los impuestos o la reducción del déficit nacional son más efectivos a la hora de hacer subir la renta per cápita, o de qué manera el crecimiento económico afectará a la distribución de las rentas.

La teoría económica resulta afectada por una segunda dificultad, igualmente fundamental. A diferencia de la genética de poblaciones y de las ciencias ambientales, carece de unos sólidos cimientos de unidades y procesos. No ha adquirido, ni siquiera intentado, una consiliencia seria con las ciencias naturales. Todos los analistas comprenden que las pautas generales del proceso económico se originan, de una manera u otra, a partir de un enorme número de decisiones que toman seres humanos, ya sea como individuos o como miembros de empresas o de agencias gubernamentales. Los modelos más refinados de la teoría económica intentan traducir este comportamiento microeconómico a las medidas y pautas colectivas y mayores que se definen de manera general como «la economía[34]». En la ciencia económica, y asimismo en las restantes ciencias sociales, la traducción del comportamiento individual al colectivo es el problema analítico clave. Pero en estas disciplinas raramente se consideran la naturaleza exacta y las fuentes del comportamiento individual. Por el contrario, el conocimiento que usan los modelistas es el de la psicología popular, basada principalmente en la percepción común y en la intuición pura y simple, y ya hace tiempo que a la psicología casera se le pide más de lo que puede dar.

El fallo no es fatal. La teoría económica no es ptolemaica, no es tan defectuosa desde el punto de vista estructural que precise una revolución de concepto. Los modelos más avanzados de micro a macroeconomía están en el buen camino. Pero los teóricos se han puesto a sí mismos impedimentos innecesarios al cerrar su teoría a la biología y a la psicología serias, que comprenden principios obtenidos de la descripción atenta, de la experimentación y del análisis estadístico. Lo han hecho, según creo, para evitar quedar enmarañados en las formidables complejidades de estas ciencias fundamentales. Su estrategia ha sido resolver el problema de micro a macroeconomía con el menor número de asunciones posibles en el nivel micro. En otras palabras, han llevado demasiado lejos la parsimonia. Las teorías económicas pretenden asimismo crear modelos que tengan una aplicación lo más general posible, con lo que suelen pergeñar abstracciones tan extremas que representan poco más que ejercicios de matemática aplicada. Esto es la generalidad llevada demasiado lejos. El resultado de tal rigor es un cuerpo de teoría que es internamente consistente, pero poca cosa más. Aunque la ciencia económica, en mi opinión, está encauzada en la dirección correcta y proporciona el calce detrás del cual seguirá sabiamente la teoría

social, en la actualidad sigue siendo en gran parte irrelevante.

Los puntos fuertes y los puntos débiles de la teoría económica quedan bien ilustrados en el trabajo de Gary S. Becker, de la Universidad de Chicago, que recibió en 1992 el Premio Nobel en Ciencia Económica por «haber extendido el ámbito de la teoría económica a aspectos del comportamiento humano que previamente habían sido tratados (si acaso lo fueron) por otras disciplinas de las ciencias sociales tales como la sociología, la demografía y la criminología». Lo que Becker consiguió fue profundizar más que los economistas anteriores en los orígenes de las preferencias humanas. Reconoció que la mayor parte del razonamiento económico se basa en la suposición implícita de que las personas están motivadas por necesidades biológicas básicas de alimento, refugio y esparcimiento. Pero existen otros incentivos, dijo, como el tipo de vivienda y de mobiliario, los restaurantes y las formas de ocio que prefieren, que quedan fuera de los imperativos elementales. Todas estas elecciones y más dependen de variaciones en la experiencia personal y en fuerzas sociales que escapan del control individual. Si hay que explicar por entero el comportamiento humano, ha de introducirse en los modelos económicos la utilidad de las elecciones (es decir, su valor tal como el consumidor lo percibe[35]).

La hipótesis inviolable del pensamiento de Becker es el principio de elección racional. Introducido por economistas anteriores como la clave de los modelos cuantitativos, dice simplemente que las personas maximizan su satisfacción mediante actos basados en el cálculo. Los modelos económicos que utilizaban este concepto se habían limitado en gran parte a la utilidad basada en el interés propio y limitado. Becker instó a sus amigos economistas a que ampliaran su perspectiva para incluir el tema objeto de estudio por parte de otras ciencias sociales. Habían de considerar deseos que son asimismo altruistas, leales, malévolos y masoquistas. También estos, afirmaba, son fuerzas que gobiernan la elección racional.

Al extender el alcance de los modelos formales, Becker y otros economistas de ideas parecidas han abordado con mayor confianza algunos de los problemas más fastidiosos de la sociedad industrial. En el campo de la criminología, han recomendado métodos de disuasión óptima (económicos, desde luego) para diferentes clases de delitos, desde los crímenes capitales y el robo a mano armada hasta los desfalcos, la evasión de impuestos y el incumplimiento de leyes que regulan los negocios y la protección ambiental. Aventurándose en la sociología, han abordado el impacto de la discriminación racial en la producción y en el desempleo, y de la clase económica en la elección marital. En la salud pública, han analizado los efectos de la legalización y del gravamen mediante impuestos sobre el consumo de cigarrillos y de sustancias controladas.

Sus modelos contienen elegantes representaciones gráficas y soluciones analíticas a problemas teóricos de equilibrios. Pero, vistos a través de los principios establecidos de las ciencias del comportamiento, son simplistas y con frecuencia engañosos. Las elecciones en comportamiento personal se reducen a un pequeño

número de opciones, tales como fumar o no fumar, casarse dentro de la misma clase socioeconómica o no, arriesgarse a cometer un crimen o mudarse a un barrio en el que residan personas de la misma raza. Las predicciones consisten en «más de esto, menos de aquello» y se acercan a umbrales en los que las tendencias empiezan, se reducen o invierten su dirección. Típicamente, las predicciones surgen de las intuiciones de sentido común del modelista, es decir, de la psicología casera, y, siguiendo una serie de pasos analíticos formales, confirman las creencias de sentido común. Se nos dice, en lenguaje técnico preciso, que un aumento permanente en el precio de los cigarrillos reduce el consumo desde el principio más que un aumento temporal; que con el fin de conservar sus riquezas, los ricos toman medidas para evitar conocer a los pobres y enamorarse de ellos; que la gente obtiene satisfacción yendo a restaurantes que ya son populares aunque los competidores sean igual de buenos en precio y cocina; y así sucesivamente. Rara vez se examinan detenidamente las premisas de tales modelos. Raramente se prueban sus conclusiones con una cierta profundidad con datos de campo cuantitativos. Su atractivo está en el cromado y el estruendo del motor, no en la velocidad o en el destino.

El objetivo de analistas orientados psicológicamente como Becker, al igual que Jack Hirshleifer, Thomas Schelling, Amartya Sen, George Stigler y otros de intereses similares, es reforzar la microeconomía y obtener de ella predicciones más precisas del comportamiento macroeconómico. Esto, desde luego, es admirable. Sin embargo, para avanzar mucho más allá, ellos y otros científicos sociales tendrán que cruzar la frontera entre las ciencias sociales y las naturales y negociar con los biólogos y psicólogos que encuentren en el otro lado. Del mismo modo que, en su discurso de aceptación del Premio Nobel, Becker afirmó que su contribución consistía en «forzar a los economistas a alejarse de las hipótesis estrechas sobre el egoísmo», el paso siguiente será que los economistas se desembaracen completamente, por fin, del modelo de comportamiento de la ciencia social normalizada o tipo, y se tomen en serio los fundamentos biológicos y psicológicos de la naturaleza humana. Resulta sorprendente que, a pesar de los abrumadores indicios que hay en contra, la mayoría se aferre todavía a la idea de que, aparte de cubrir las necesidades biológicas básicas, las personas en las sociedades modernas efectúan elecciones, en palabras de Becker, que «dependen de la infancia, de las interacciones sociales y de las influencias culturales». No dependen, aparentemente, de las reglas epigenéticas hereditarias de la naturaleza humana. La consecuencia empobrecedora de este punto de vista ha sido la aceptación de la psicología popular incluso en los modelos más ingeniosos.

Instilar psicología y biología en la teoría económica y demás teoría social, lo que solo puede suponer ventajas para ellas, significa desmenuzar y examinar microscópicamente los delicados conceptos de utilidad, preguntando por qué la gente se inclina en último término hacia determinadas elecciones, y, al hallarse así predispuesta, por qué y bajo qué circunstancias actúa sobre ellas. Más allá de esta

tarea se encuentra el problema de la micro a la macroeconomía, el conjunto de procesos por los que la masa de decisiones individuales se traducen en pautas sociales. Y, más allá todavía, enmarcado en una escala todavía más amplia de espacio y tiempo, está el problema de la coevolución, los medios por los que la evolución biológica influye sobre la cultura, y al revés. En su conjunto, estos ámbitos (naturaleza humana, transición de la micro a la macroeconomía y la coevolución de los genes y la cultura) requieren la travesía completa desde las ciencias sociales a la psicología, y de ahí a las ciencias del cerebro y a la genética.

Los indicios a partir de estudios dispersos en psicología y biología ya sugieren determinadas generalizaciones sobre la utilidad:

- Las categorías de elección, las principales actividades en el pensamiento y el comportamiento de momento a momento, son epistáticas: las necesidades y las oportunidades en una categoría alteran la fuerza de otras. El orden jerárquico de dominancia entre categorías tales como sexo, clase de protección y juego parece estar programado genéticamente.
- Algunas necesidades y oportunidades no son solo epistáticas, sino prioritarias. Condiciones tales como la adicción a las drogas y el carácter sexual dominante pueden secuestrar las emociones para que estas se centren en objetivos unitarios tan poderosos, que prácticamente borran las actividades en muchas otras categorías.
- El cálculo racional se basa en oleadas de emociones encontradas, cuya influencia recíproca se resuelve mediante una interacción de factores hereditarios y ambientales. La evitación del incesto, por ejemplo, está sustentada por una fuerte regla epigenética hereditaria. Puede verse reforzada mediante tabúes culturales o bien superada por experiencias personales especiales, cada vez mejor comprendidas.
- El cálculo racional suele ser generoso. Por razones complejas, todavía no bien comprendidas, algunas de las emociones más poderosas son el patriotismo y el altruismo. Sigue siendo un hecho sorprendente que un porcentaje sustancial de personas estén dispuestas, a la menor noticia, a arriesgar sus vidas para salvar las de desconocidos.
- Las elecciones dependen del grupo; hasta aquí esto es evidente. Pero lo que se conoce menos es que el poder de la influencia de los iguales varía de manera asombrosa de una a otra categoría de comportamiento. El estilo de vestir, por ejemplo, es casi completamente dependiente de las influencias de los iguales, mientras que la evitación del incesto es en gran parte independiente. ¿Tienen estas diferencias una base genética y, con ello, una historia evolutiva? Probablemente sí, y ya es hora de empezar a examinarlas con más detenimiento para esclarecer tal posibilidad.

- La toma de decisiones está modelada, en unas y otras categorías, por reglas epigenéticas, que son las propensiones innatas a aprender determinadas opciones primero, y después a seleccionar algunas concretas entre ellas. Por término medio, muchas de tales propensiones difieren en función de la edad y del sexo.

La sutileza psicobiológica de la toma de decisiones está perfectamente bien ilustrada por el continuo r-K de estrategias reproductoras. Cuando los recursos son pocos e inestables, las personas tienden a adoptar una estrategia de la r, prefiriendo procrear muchos hijos para asegurar que al menos algunos de ellos sobrevivan. Cuando los recursos son abundantes y estables, tienden hacia una estrategia de la K, en la que menos descendientes y de «mayor calidad» son cuidadosamente protegidos y educados para que entren en un nivel socioeconómico superior. (El símbolo r se refiere en demografía a la tasa de crecimiento de la población, que aumenta con la estrategia de la r; y el símbolo K a la capacidad de carga del ambiente, que es el tamaño al cual cesa el crecimiento de la población). Superpuesta al continuo r-K está la tendencia general de los varones socialmente poderosos a adquirir múltiples mujeres de edad reproductora, con lo que fomentan su ventaja darwiniana.

La comprensión completa del concepto de utilidad llegará de la biología y de la psicología por reducción a los elementos del comportamiento humano, seguida por la síntesis de abajo arriba, no a partir de las ciencias sociales por inferencia de arriba abajo y conjetura basada en el conocimiento intuitivo. Es en la biología y la psicología donde los economistas y otros científicos sociales encontrarán las premisas necesarias para aderezar modelos más predictivos, al igual que fue en la física y la química donde los investigadores encontraron premisas que mejoraron la biología.

La realización de la futura teoría social depende asimismo de la comprensión psicobiológica del propio proceso de la razón. En la actualidad, el modo de explicación dominante es la ya mencionada teoría de la elección racional. Concebida primero en economía, pasó luego a la ciencia política y otras disciplinas; su concepto fundamental es que, por encima de todo, los seres humanos son racionales en sus acciones. Examinan tan bien como pueden todos los factores pertinentes y ponderan el resultado probable de seguir cada una de las elecciones potenciales. Añaden los costes y beneficios (inversión, riesgo y retorno emocional y material) antes de decidirse. La opción preferida es la que maximiza la utilidad.

No es esta una imagen adecuada de cómo piensa la gente. La mente humana no es una calculadora muy veloz, y la mayoría de decisiones han de tomarse con bastante rapidez, en escenas complejas y con información incompleta. De manera que la pregunta importante en la teoría de la elección racional es: ¿cuánta información es suficiente? En otras palabras: ¿en qué momento la gente deja de reflexionar y se decide? Una estrategia sencilla que proporciona un punto de interrupción es «satisficiente», un término escocés que combina «satisfacer» y «ser suficiente[36]».

Introducido en 1957 en psicología por Herbert Simon, un economista de la Universidad Carnegie Mellon, satisficiente significa que se ha tomado la primera elección satisfactoria encontrada de todas las que se perciben y son razonablemente alcanzables a corto plazo, en contraposición a imaginar por adelantado la elección óptima y buscarla hasta que se la encuentra. Según el modelo satisficiente, es más probable que un joven que quiera casarse proponga en matrimonio a la candidata más atractiva entre las chicas casaderas conocidas que no que busque durante mucho tiempo una pareja ideal preconcebida.

Una alternativa a este concepto y otros de elección racional tradicional es que la gente sigue reglas empíricas, conocidas técnicamente como «heurística». La idea fue propuesta por primera vez por los psicólogos norteamericanos Daniel Kahneman y Amos Tversky en 1974. En lugar de calcular costes y beneficios, las personas actúan en base a pistas sencillas y a la heurística, que funcionan la mayor parte del tiempo. Por este método, las complejas tareas de evaluar probabilidades y predecir resultados se reducen a unas pocas operaciones de juicio.

Por lo general la heurística funciona, y ahorra mucho tiempo y energía, pero en muchas situaciones conduce a grandes errores sistemáticos. Un ejemplo es la heurística utilizada en el cálculo aritmético rápido y denominada «anclar». El lector puede ver cómo funciona comparando durante cinco segundos los dos conjuntos de números multiplicados que se muestran a continuación y adivinando su producto:

$$8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$$
$$1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$$

La mayoría de personas conceden a la fila superior el valor más alto, aun cuando los dos conjuntos de números son idénticos. Al leer de izquierda a derecha, anclan su conjetura en los primeros números que encuentran. También subestiman ambos productos. Los estudiantes de instituto que Kahneman y Tversky sometieron a prueba dieron de promedio 2250 para la fila superior y 512 para la inferior, mientras que la respuesta correcta para ambas es 40 320.

He aquí un ejemplo de una heurística sistemáticamente inexacta en el ámbito de la probabilidad. La mayoría de personas, al contemplar el lanzamiento de una moneda al aire, cree que la siguiente secuencia de seis caras (C) y cruces (R) alternas,

C-R-C-R-C-R

tiene más probabilidades de salir que la de los mismos elementos repetidos en grupos, tal como

C-C-C-R-R-R

En realidad, ambas son equiprobables.

¿Por qué cometen errores de manera tan consistente mentes que pueden ser adiestradas a comprender el cálculo y la estadística? La respuesta correcta puede residir en la evolución genética: a lo largo de cientos de generaciones el cerebro evolucionó para manejar números y proporciones sencillos, pero no problemas complejos que requieren razonamiento cuantitativo abstracto. La heurística ilustrada por los dos ejemplos anteriores es, por lo tanto, matemática casera. Aunque sus soluciones son intentos sesgados de cálculo formal complejo, pueden funcionar muy bien en la vida real, donde la mayoría de primeras impresiones prefiguran con exactitud los acontecimientos que seguirán.

La misma explicación sirve para otros errores extraños que comete la heurística. Por ejemplo, es probable que prescindamos de un plato familiar que tenga un gusto distinto del habitual, aunque pueda demostrarse que los ingredientes son frescos y sanos. Después de un accidente aéreo, muchas personas que viajan entre ciudades prefieren hacerlo en automóvil, aunque saben que la tasa de accidente por pasajero y kilómetro es mucho mayor en la carretera. Elecciones irracionales, sí, pero quizá obedientes a la superordenada heurística de la aversión al riesgo, que en estos dos ejemplos puede traducirse como sigue: no te arriesgues en absoluto con la comida envenenada y aléjate de lugares en los que otros han muerto recientemente, independientemente de lo que las leyes matemáticas de la probabilidad te digan.

Investigaciones ulteriores pueden revelar que el cerebro opera a veces como un optimizador semejante a un ordenador y a veces como un decisor rápido regido por una heurística poderosa e innata. Cualquiera que sea la mezcla, la teoría de la elección racional, aunque sigue siendo la luz y el camino de muchos teóricos sociales, es tema de controversia dentro de la psicología. Los críticos dicen que depende demasiado de analogías con algoritmos de ordenador y de soluciones de optimalidad abstracta. Presta muy poca atención a las propiedades del cerebro real, que es un órgano de la Edad de Piedra desarrollado durante cientos de milenios y que solo recientemente se ha visto lanzado al ambiente extraño de la sociedad industrializada. Así pues, es inconsistente con los indicios de cómo razonan y han razonado probablemente a lo largo del tiempo evolutivo las personas de las culturas preletradas. Estas cualidades las ha resumido C. R. Hallpike en *The Foundations of Primitive Though*, como sigue: intuitivo y dogmático, ligado a relaciones emocionales específicas más que a la causalidad física, preocupado con las esencias y metamorfosis, opaco a la abstracción lógica o a conjuntos de lo que es hipotéticamente posible, propenso a utilizar el lenguaje para la interacción social más que como herramienta conceptual, limitado en cuantificación principalmente a imágenes burdas de frecuencia y rareza, e inclinado a considerar que la mente surge en parte del ambiente y capaz de proyectarse de nuevo en él, de modo que las palabras se convierten en entidades con poder hacia sí mismas.

Resultará aparente de inmediato, y debe constituir una premisa de trabajo de los

economistas y otros científicos sociales, que los mismos rasgos preletrados son comunes en ciudadanos de las sociedades industriales modernas. Se intensifican en los miembros de cultos, los profundamente religiosos y los menos educados. Impregnan y enriquecen las metáforas del arte. Son, nos guste o no, parte de la civilización moderna. El pensamiento lógico-deductivo sistemático, que es en gran medida un producto especializado de la cultura occidental, es en cambio difícil, y sigue siendo raro. Al tiempo que lo perfeccionamos será prudente, según creo, disciplinar los viejos modos de pensar pero no abandonarlos nunca, no olvidar nunca que, como parte de la naturaleza humana adaptativa, nos condujeron, vivos y fecundos, directamente a la época actual.

La magnitud de los problemas técnicos con los que se enfrentan los teóricos sociales en particular, no me importa admitirlo, intimida en extremo. Algunos filósofos de la ciencia han levantado las manos, declarando que las tierras fronterizas entre las ciencias naturales y sociales son demasiado complejas para que la imaginación contemporánea pueda conocerlas a fondo, y puede que siempre se encuentren fuera de nuestro alcance. Cuestionan la idea misma de consiliencia desde la biología a la cultura, y apuntan a la no linealidad de las ecuaciones viables, a las interacciones de segundo y tercer orden entre factores, a la estocasticidad y a todos los demás monstruos que moran en el Gran Mar del Maelström, y suspiran: «No hay esperanza, no hay esperanza». Pero esto es lo que se espera de los filósofos. Su tarea es definir y explicar los límites de la ciencia en el esquema más extenso de las cosas, allí donde es mejor dejar las dimensiones totales del proceso racional… bueno, a los filósofos. Que admitieran que la ciencia no tiene límites intelectuales sería impropio; sería poco profesional. Sus recelos dan fuerza al número menguante de teóricos sociales que quieren mantener selladas las fronteras de sus dominios y el estudio de la cultura no enturbiado por los sueños de la biología.

Por suerte, los científicos no están limitados de este modo. Si las generaciones pasadas hubieran sido tan profundamente ponderadas y humildes ante lo desconocido, nuestra comprensión del universo hubiera dejado de crecer en el siglo XVI. Necesitamos el aguijón castigador de la lengua del filósofo, pero debe tomarse con el antídoto de la confianza en uno mismo, y no ha de dejarse nunca que sea fatal. Es la convicción opuesta, la fe ciega si el lector prefiere, lo que ha impulsado a la ciencia y a la tecnología hacia la época moderna. Téngase en cuenta que la Ilustración original murió dentro de la filosofía, pero no dentro de la ciencia. Puede que los filósofos más pesimistas tengan razón acerca de las ciencias sociales, desde luego, pero es mejor avanzar deprisa como si estuvieran equivocados. Solo hay una manera de saberlo. Cuanto más formidable sea la tarea, mayor será el premio para los que osen emprenderla.

# CAPÍTULO 10

## Las artes y su interpretación

En muchos aspectos, el reto más interesante a la explicación consiliente es el tránsito de la ciencia a las artes. Por estas entiendo las artes creativas, las producciones personales de la literatura, las artes visuales, el arte escénico, la música y la danza, marcadas por aquellas cualidades que, a falta de mejores términos (y puede que nunca se acuñen mejores términos), denominamos verdaderas y bellas.

La reflexión nos lleva a dos cuestiones sobre las artes: de dónde proceden, tanto en la historia como en la experiencia personal, y cómo hay que describir mediante el lenguaje ordinario sus cualidades esenciales de verdad y belleza. Estos asuntos son la preocupación central de la interpretación, el análisis erudito y la crítica de las artes. La interpretación es en sí misma parcialmente un arte, puesto que expresa no solo la experiencia objetiva del crítico, sino también su carácter y su criterio estético. Cuando es de alta calidad, la crítica puede ser tan inspirada e idiosincrásica como la obra que aborda. Además, como espero demostrar ahora, puede ser también parte de la ciencia, y la ciencia parte de la crítica. La interpretación será más potente cuando se trenza a partir de la historia, la biografía, la confesión personal… y la ciencia.

Habiendo proferido la palabra profana en terreno consagrado, es obligada una rápida renuncia. Aunque es cierto que la ciencia avanza al reducir los fenómenos a sus elementos funcionales (seccionando el cerebro en neuronas, por ejemplo, y las neuronas en moléculas), no pretende disminuir la integridad del todo. Por el contrario, la síntesis de los elementos para recrear su ensamblaje original es la otra mitad del procedimiento científico. En realidad, es el objetivo último de la ciencia.

Ni existe razón alguna para suponer que las artes decaerán a medida que la ciencia prospere. No se encuentran, como sugirió recientemente el distinguido crítico literario George Steiner, en un ocaso, ya lejos del cenit en la civilización occidental y, por lo tanto, con poca probabilidad de asistir a la reaparición de un Dante, un Miguel Ángel o un Mozart. No puedo concebir ningún límite absoluto a la futura originalidad y brillo en las artes como consecuencia de la comprensión reduccionista del proceso creativo en las artes y la ciencia. Por el contrario, hay pendiente una alianza, y puede conseguirse por medio de la interpretación. Ni la ciencia ni las artes pueden estar completas sin combinar sus puntos fuertes respectivos. La ciencia necesita la intuición y el poder metafórico de las artes, y las artes necesitan la sangre nueva de la ciencia.

Los estudiosos de las humanidades deberían revocar el anatema que dedicaron al reduccionismo. Los científicos no son conquistadores dispuestos a fundir el oro de los

incas. La ciencia es libre y las artes son libres, y como afirmé en la presentación anterior de la mente, los dos ámbitos, a pesar de las semejanzas en su espíritu creativo, tienen objetivos y métodos radicalmente distintos. La clave para el intercambio entre ellas no es la hibridación, ni alguna forma desagradablemente cohibida de arte científico o de ciencia artística, sino la revigorización de la interpretación con el conocimiento de la ciencia y su sentido patentado del futuro. La interpretación es el canal lógico de la explicación consiliente entre la ciencia y las artes.

Como ejemplo prometedor de los muchos que podrían escogerse, considérese el episodio de *El paraíso perdido*, libro IV, cuando, en una narrativa cautivadora, Milton envía a Satanás al Edén. A su llegada, el archicriminal y gran ladrón salta una barrera de zarzas impenetrables y un alto muro y se posa «como un cormorán» en las ramas del Árbol de la Vida. Espera a que caiga la noche, momento en el que puede penetrar en los sueños de la inocente Eva. Ahora Milton desata los poderes de su imaginación para decirnos que está a punto de perder la humanidad. Alrededor del intrigante posado está el ambiente diseñado por Dios con perfección estética: «varios arroyos, que ondean sobre arenas de oro y perlas orientales» descienden hasta «un lago espacioso, festoneado de mirtos, y guarnecido de flores, en su fondo azul, espejo de los Cielos». Por todo el bendito oasis crecen «hermosas flores de todos los colores, y entre ellas la rosa sin espina».

Milton, aunque ahora está ciego, ha conservado un fino sentido de biofilia, el placer innato de la abundancia y diversidad vivas, en particular tal como se manifiesta mediante el impulso humano de imitar a la naturaleza con jardines. Pero está lejos de sentirse satisfecho con el mero sueño de la armonía natural. En ocho líneas de sorprendente energía sinfónica intenta captar el ánima mítica del paraíso:

> Not that fair field
> of Enna, where Proserpin gathering flowers,
> herself a fairer flower, by gloomy Dis
> was gathered, which cost Ceres all that pain
> to seek her through the world, nor that sweet grove
> of Daphne, by Orontes and the inspired
> castalian spring, might with this Paradise
> of Eden strive[37].

¿Cómo puede nadie tener la esperanza de expresar el corazón de la Creación en el alba de los tiempos? Milton lo intenta. Convoca arquetipos que proceden, sin mengua, desde la Grecia y la Roma antiguas hasta su propio tiempo, y de allí hasta el nuestro. Son de un tipo, como sugeriré después, que también son innatos al proceso mental humano. Ensombrece la belleza con un atisbo de tragedia, dándonos el mundo ilimitado y fértil a la espera de la corrupción. Transforma la belleza del jardín en el de

una joven mujer, Proserpina, que será capturada y arrastrada a los infiernos por el dios Dis. Ella, en cuanto belleza de la naturaleza, quedará escondida en la oscuridad debido al conflicto entre los dioses. Ceres, la madre de Proserpina y diosa de la agricultura, se aparta con dolor de sus deberes y el mundo se hunde en el hambre. La pasión de Apolo por la hermosa Dafne no es correspondido; con el fin de escapar, ella se transforma en un árbol, un laurel, en un jardín de su propiedad.

Milton quiere jugar con las emociones de los lectores de su propio tiempo, el siglo XVII, cuando la mitología helénica era una segunda naturaleza para la mente culta. Contrapone las emociones para magnificar su fuerza. La belleza choca con la oscuridad, la libertad con el destino, la pasión con el rechazo. Hace aumentar la tensión y nos conduce a través de paraísos menores para llegar, de repente, al prototipo místico del Edén. En otro artificio que también está bien fundado, la confianza en la autoridad, Milton escoge las alusiones no a su propio tiempo, no por ejemplo a Cromwell, Carlos II y la Restauración, durante la cual escapó por los pelos de la muerte (había defendido la revolución y la Mancomunidad), sino a los textos antiguos de otra civilización, la Grecia y la Roma antiguas, que fueron lo suficientemente robustas para haber sobrevivido en el recuerdo a través de los siglos. Con su uso nos transmite que aquello que no nos es contado, hemos de saber, no obstante, que es cierto.

La cualidad definitoria de las artes es la expresión de la condición humana mediante el talante y el sentimiento, poniendo en juego todos los sentidos, evocando a la vez el orden y el desorden. ¿De dónde surge, pues, la capacidad de crear arte? No de la fría lógica basada en hechos. No de la conducción por Dios de los pensamientos de Milton, como el propio poeta creía. Ni existe indicio alguno de una chispa única que encienda el genio que es evidente en *El paraíso perdido*. Por ejemplo, experimentos en los que se utiliza imaginería cerebral no han conseguido desvelar rasgos neurobiológicos singulares en personas dotadas para la música. En lugar de ello, muestran la implicación de un área mayor de las mismas partes del cerebro que utilizan las personas menos capaces. La historia confirma esta hipótesis de incremento. Detrás de Shakespeare, Leonardo, Mozart y otros de primerísima fila se encuentra una inmensa legión cuya capacidad de materialización va en continuo descenso hasta los que son simplemente competentes. Lo que los maestros del canon occidental, y los de otras culturas superiores, poseían en común era una combinación de conocimiento excepcional, de habilidad técnica, originalidad, sensibilidad por el detalle, ambición, audacia y empuje.

Estaban obsesionados; ardían por dentro. Pero también poseían una comprensión intuitiva de la naturaleza humana innata, lo suficientemente precisa para seleccionar imágenes convincentes a partir de los pensamientos, en su mayoría inferiores, que surgen de las mentes de todos nosotros. Puede que el talento que esgrimían solo fuera incrementalmente mayor, pero a los demás sus creaciones les parecieron cualitativamente nuevas. Adquirieron la suficiente influencia y longevidad para

traducirlas en una fama perdurable, no mediante la magia, no por beneficencia divina, sino por una ventaja cuantitativa en los poderes que compartían en menor grado los menos dotados. Reunieron la suficiente velocidad ascensional para elevarse por encima de los demás.

La inspiración artística común a todos en grado diverso surge de los pozos artesianos de la naturaleza humana. Sus creaciones nacen para ser entregadas directamente a las sensibilidades del espectador sin explicación analítica. Así pues, la creatividad es humanística en el sentido más completo. Las obras de valor perdurable son las más fieles a dichos orígenes. De ahí se sigue que incluso las mayores obras de arte pueden ser entendidas fundamentalmente con el conocimiento de las reglas epigenéticas, evolucionadas biológicamente, que las guiaron.

No es esta la opinión generalizada de las artes. Los académicos teóricos han prestado poca atención a la biología; consiliencia no está en su vocabulario. En grado diverso, han estado más influenciados por el postmodernismo, la hipótesis en competencia que niega la existencia de una naturaleza humana universal. Aplicada a la crítica literaria, la manifestación extrema del postmodernismo es la filosofía deconstructiva, que de manera más provocativa han formulado Jacques Derrida y Paul de Man. Según esta concepción, la verdad es relativa y personal. Cada persona crea su propio mundo interior mediante la aceptación o el rechazo de signos lingüísticos que cambian sin cesar. No existe un punto privilegiado, ni un norte, que guíen la inteligencia literaria. Y puesto que la ciencia no es más que otra manera de mirar el mundo, no existe ningún mapa que se pueda construir científicamente de la naturaleza humana, a partir del cual pueda extraerse el significado profundo de los textos. Solo existe la oportunidad ilimitada del lector para inventar interpretaciones y comentarios a partir del mundo que él mismo construye. «El autor está muerto» es una máxima favorita de los deconstruccionistas.

Los deconstruccionistas buscan, en cambio, contradicciones y ambigüedades. Conciben y analizan lo que el autor ha dejado fuera. Los elementos que faltan permiten el comentario personalizado en estilo postmoderno. Los postmodernistas que añaden ideología política a la mezcla consideran, asimismo, el canon literario tradicional como poco más que una colección que confirma la visión mundial de los grupos dominantes, y en particular el de los varones blancos y occidentales.

La hipótesis postmodernista no se adapta bien a la evidencia. Está dichosamente libre de la información actual acerca de cómo funciona la mente. Pero es seguro que debe de haber *alguna* razón para la popularidad del postmodernismo, además del amor al caos. Si el enfoque biológico en competencia es correcto, su amplio atractivo debe de estar arraigado en la naturaleza humana. El postmodernismo en las artes es más que una Escuela del Resentimiento (que es la acusación de Harold Bloom en *El canon occidental*), y más que el rencor del eunuco, si se toma una frase prestada de Alexander Pope, y está sostenido por algo más que la patética reverencia que por lo

común dan los académicos norteamericanos al oscurantismo galo. Hay, asimismo, una oleada de espíritu revolucionario en el postmodernismo, generada por el hecho real (no deconstruido) de que grandes segmentos de la población, y de manera más notable mujeres, poseen talentos únicos y vidas emocionales que han sido relativamente ignorados durante siglos, y solo ahora están empezando a encontrar su expresión completa en las corrientes principales de la cultura.

Si hemos de hacer caso a la evidencia procedente de las ciencias biológicas y del comportamiento acumulada durante el último cuarto de siglo, las mujeres difieren genéticamente de los hombres en aspectos adicionales a los que corresponden a la anatomía reproductiva. En conjunto, y por término medio, con una amplia superposición estadística, y en muchos apartados de la experiencia social, hablan con una voz distinta. En la actualidad se la oye alta y clara. Pero no interpreto que el bienvenido triunfo del feminismo social, económico y creativo, sea un alegato para el postmodernismo. El avance, aunque ha abierto nuevas avenidas de expresión y ha liberado profundos pozos de talento, no ha hecho que la naturaleza humana explotara en pequeños fragmentos. Al contrario: ha abonado el campo para una exploración más completa de los rasgos universales que unen a la humanidad.

Si se observa con una perspectiva diferente, el postmodernismo puede considerarse como uno de los extremos de una oscilación histórica en la manera literaria de ver el mundo. El gran crítico americano Edmund Wilson observó, en 1926, que la literatura occidental parece «forzada a vibrar» en énfasis entre los dos polos del neoclasicismo y el romanticismo. Concebido de manera muy amplia, el ciclo puede advertirse por vez primera durante la Ilustración con Pope, Racine y otros poetas que hicieron uso de la visión de los científicos de un mundo ordenado. Fueron sustituidos en la consideración pública por los poetas rebeldes y románticos del siglo XIX, que a su vez cedieron ante Flaubert y otros que retornaron al orden racional, que dieron paso a un flujo en la dirección opuesta, encarnada por los escritos modernistas de los simbolistas franceses, entre ellos Mallarmé y Valéry, y de sus pares ingleses, Yeats, Joyce y Eliot. Puesto que cada uno de los extremos resultó ser en último término «insoportable» como moda reinante, decía Wilson, esto garantizaba la reversión hacia el polo opuesto.

El mismo cambio de talante puede verse en la crítica literaria reciente, postwilsoniana. A principios del presente siglo, los intelectuales destacaban las experiencias personales de los autores y la historia de su época. En la década de 1950, los nuevos críticos insistían en extraer todo el significado del texto, sin preocuparse demasiado por la historia personal del autor[38]. Estaban de acuerdo con la famosa máxima de Joseph Conrad de que una obra de arte «debe llevar su justificación en cada línea». En la década de 1980 la Nueva Crítica dejó paso, de manera súbita, a los postmodernistas, que defendían la aproximación contraria. Buscad, decían, aquello que el texto no controla, y explicad el todo como una construcción social por parte del autor. Su postura ha sido resumida de manera precisa por el poeta y crítico

Frederick Turner, diciendo que: artistas y poetas deben rechazar las limitaciones de la naturaleza incluso en una época de crisis ecológica, ignorar la ciencia, abandonar las formas y las disciplinas de las artes y, con ello, la tradición chamánica de su propia cultura, apartarse de la idea de una naturaleza humana universal y, habiéndose liberado de un confinamiento tan sofocante, preferir la mezquindad y la rabia antes que la esperanza y otras emociones edificantes. Según Turner, ya está empezando una inversión de la moda. «La tradición de Homero, Dante, Leonardo, Shakespeare, Beethoven y Goethe no está muerta. Está creciendo en las grietas del cemento postmoderno».

Edmund Wilson esperaba una amortiguación de este ciclo perpetuo en las artes, que él consideraba una aflicción particular de la mente moderna. Prefiriendo en principio la síntesis, escribió acerca de su admiración por Bertrand Russell y Alfred North Whitehead, los dos grandes unificadores de la cultura de la primera mitad del siglo XX. Envidiamos a los clásicos, dijo, por el equilibrio que parecen haber conseguido. «La regularidad y la lógica en Sófocles no excluyen ni la ternura ni la violencia; y, en Virgilio, el tipo de cosas que puede hacer Flaubert; la reproducción objetiva y exacta de las cosas no excluye el tipo de cosas que Wordsworth y Shelley pueden hacer, lo misterioso, lo fluido, lo patético, y lo vago». Me gusta pensar que Edmund Wilson hubiera sido partidario de la idea de consiliencia.

¿Pueden reconciliarse los impulsos opuestos apolíneo y dionisíaco, razón fría contra abandono apasionado, que guían los cambios de humor de las artes y la crítica? Se trata, así lo creo, de una pregunta empírica. Su respuesta depende de la existencia o inexistencia de una naturaleza humana innata. Las pruebas acumuladas hasta hoy dejan poco espacio para la duda. La naturaleza humana existe, y es a la vez profunda y muy estructurada.

Si se admite todo esto, la relación de la ciencia con la interpretación de las artes puede hacerse más clara, como sigue. La interpretación tiene múltiples dimensiones, a saber: historia, biografía, lingüística y criterio estético. En los cimientos de todas ellas residen los procesos materiales de la mente humana. Los críticos del pasado, proclives a la teoría, han intentado muchas avenidas hacia este reino subterráneo, entre ellas, y de manera más prominente, el psicoanálisis y el solipsismo postmodernista. Estas aproximaciones, que están guiadas en gran parte por la sola intuición acerca de cómo funciona el cerebro, han funcionado muy mal. En ausencia de una brújula basada en el conocimiento material exacto, efectúan demasiados giros equivocados hacia callejones sin salida. Si el cerebro ha de cartografiarse finalmente, si se ha de crear una teoría duradera de las artes como parte de la empresa, será mediante contribuciones graduales y consilientes procedentes de las ciencias del cerebro, la psicología y la biología evolutiva. Y si durante este proceso ha de entenderse la mente creadora, ello precisará de la colaboración entre los científicos y los eruditos en humanidades.

Es probable que la colaboración, ahora en sus primeros estadios, llegue a la conclusión de que la innovación es un proceso biológico concreto basado en lo intrincado de la circuitería nerviosa y de la liberación de neurotransmisores. No es la efusión de símbolos mediante un generador de uso múltiple ni ninguna conjura al respecto por parte de agentes etéreos. Sondear el origen de la innovación en las artes supondrá una gran diferencia en la manera como interpretamos sus creaciones. Las ciencias naturales han comenzado a formar una imagen de la mente, que incluye algunos de los elementos del propio proceso creativo. Aunque todavía están muy lejos del objetivo último, al final no pueden hacer otra cosa que reforzar la interpretación de las artes.

Charles Lumsden y yo llegamos a esta conclusión a principios de la década de 1980, mientras desarrollábamos la teoría completa de la coevolución entre los genes y la cultura, que se ha descrito antes. Una posición similar ha alcanzado desde direcciones diferentes un pequeño pero creciente círculo de artistas y teóricos de las artes, de entre los cuales los más prominentes han sido Joseph Carroll, Brett Cooke, Ellen Dissanayake, Walter Koch, Robert Storey y Frederick Turner. Algunos de estos intelectuales se refieren a su enfoque como biopoética o bioestética. Los análisis han sido apoyados de forma independiente por Irenäeus Eibl-Eibesfeldt, el etólogo alemán, en sus estudios globales del instinto humano; por los antropólogos americanos Robin Fox y Lionel Tiger en sus informes sobre ritual y folklore, y por numerosos investigadores de la inteligencia artificial (IA), cuyo trabajo sobre la innovación artística lo resume (para tomar una exposición excelente) Margaret Boden en *La mente creativa*.

El corpus de investigación hasta la fecha puede encajarse en la siguiente narración de la coevolución entre los genes y la cultura:

- *Durante la evolución humana hubo tiempo suficiente para que la selección natural modelara los procesos de innovación*. Durante miles de generaciones, suficientes para el cambio genético en el cerebro y los sistemas sensoriales y endocrinos, la variación entre las personas en el pensamiento y el comportamiento causó diferencias personales en la supervivencia y el éxito reproductor.
- *La variación era hasta cierto punto heredable*. Los individuos diferían entonces, al igual que lo hacen hoy en día, no solo en lo que aprendieron de su cultura, sino en su propensión hereditaria a aprender determinadas cosas y a responder mediante preponderancia estadística de determinadas maneras.
- *De ahí se siguió inevitablemente la evolución genética*. La selección natural, que favorece a algunos conjuntos de genes sobre otros, moldeó las reglas epigenéticas, que son las regularidades heredadas de desarrollo mental que componen la naturaleza humana. Entre las reglas epigenéticas más antiguas que he descrito hasta este punto están el efecto Westermarck, que inhibe el incesto, y

la aversión natural a las serpientes. Las de origen más reciente, de quizá no más de cien mil años de antigüedad, incluyen las veloces etapas programadas a través de las cuales los niños adquieren el lenguaje y, así podemos presumirlo de forma razonable, también algunos de los procesos creativos de las artes.

- *En la evolución de la cultura surgieron proposiciones universales o cuasiuniversales*. Debido a diferencias de intensidad entre las reglas epigenéticas subyacentes, algunos pensamientos y comportamientos son más efectivos que otros en las respuestas emocionales que causan y en la frecuencia con la que se inmiscuyen en el ensueño y en el pensamiento creativo. Sesgan la evolución cultural hacia la invención de arquetipos, abstracciones y narraciones básicas ampliamente recurrentes que son temas dominantes de las artes. Ejemplos de arquetipos que ya he mencionado son la tragedia de Edipo (que viola el efecto Westermarck) y las imágenes serpentiformes en el mito y la religión.
- *Las artes se centran de forma innata en determinadas formas y temas, pero aparte de ello se construyen libremente*. Los arquetipos generan legiones de metáforas que componen no solo una gran parte de las artes, sino también de la comunicación ordinaria. Las metáforas, consecuencia de la activación expansiva del cerebro durante el aprendizaje, son los bloques básicos con los que se construye el pensamiento creativo. Conectan y refuerzan de manera sinérgica las diferentes esferas de la memoria.

La coevolución entre los genes y la cultura es, así lo creo, el proceso subyacente por el que el cerebro evolucionó y las artes se originaron. Es el recurso concebible más consistente con los hallazgos conjuntos de las ciencias del cerebro, la psicología y la biología evolutiva. Aún así, los indicios *directos* con referencia a las artes son escasos. Es posible que nuevos descubrimientos relacionados con el cerebro y la evolución cambien todavía la imagen de manera fundamental. Tal es la naturaleza de la ciencia. La incerteza hace que la búsqueda de la alineación de la ciencia y las humanidades sea una perspectiva más interesante todavía.

Sin embargo, esto es lo que puede decirse con confianza: los indicios crecientes de una naturaleza humana globalmente potente y estructurada, que canaliza el desarrollo de la mente, favorecen una visión más tradicionalista de las artes. Las artes no están modeladas únicamente por el genio caprichoso surgido de las circunstancias históricas y de la experiencia idiosincrásica personal. Las raíces de su inspiración se retrotraen a la historia profunda hasta el origen genético del cerebro humano, y son permanentes.

Mientras que la biología tiene un importante papel en la interpretación académica, las artes creativas, por su parte, no pueden ser encerradas por esta o aquella disciplina de la ciencia. La razón es que el papel exclusivo de las artes es la transmisión de los

intrincados detalles de la experiencia humana mediante artificio para intensificar la respuesta estética y emocional. Las obras de arte comunican directamente el sentimiento de una mente a otra, sin ninguna intención de explicar por qué tiene lugar el impacto. En esta cualidad definitoria, las artes son la antítesis de la ciencia.

Cuando trata del comportamiento humano, la ciencia es de grano grueso y envolvente, en oposición a las artes, que son de grano fino e intersticiales. Es decir, la ciencia pretende crear principios y usarlos en biología humana para definir las cualidades diagnósticas de la especie; las artes utilizan detalles finos para engordar y hacer asombrosamente claras por implicación estas mismas cualidades. Las obras de arte que resultan duraderas son intensamente humanistas. Nacidas en la imaginación de individuos, aluden no obstante a lo que la evolución humana dotó de manera universal. Aun cuando, como parte de la fantasía, imaginen mundos que posiblemente no puedan existir, permanecen ancladas a sus orígenes humanos. Como señaló una vez Kurt Vonnegut, Jr., maestro de lo fantástico, las artes sitúan a la humanidad en el centro del universo, pertenezcamos o no a él.

A las artes les fueron concedidos varios poderes especiales por la evolución genética del cerebro. El primero es la capacidad de generar metáforas con facilidad y moverlas con fluidez de un contexto a otro. Considérese el lenguaje técnico de las mismas artes. Una trama significó primero un lugar físico[39] y un plan de construcción, después el solar o tarima del director de escena, y después la acción o el relato que este poseía en dicho lugar. En el siglo XVI un frontispicio era la fachada decorada de un edificio, después la página de portada de un libro ornamentada con una figura, por lo general, la representación alegórica de un edificio, y finalmente la página ilustrada que precede a la primera página del libro. Una estancia, que en italiano es una sala pública o lugar de descanso, ha sido un término que el inglés se ha apropiado para significar estrofa: el conjunto similar a una habitación de cuatro o más líneas separadas tipográficamente de otros conjuntos parecidos.

Tanto en las artes como en las ciencias el cerebro programado busca elegancia, que es la descripción parsimoniosa y evocadora de la pauta para encontrar el sentido en medio de una confusión de detalle. Edward Rothstein, un crítico que tiene a la vez conocimientos de matemáticas y de música, compara sus procesos creativos:

> Empezamos con objetos que parecen diferentes. Comparamos, encontramos pautas y analogías con lo que ya sabemos. Nos distanciamos y creamos abstracciones, leyes, sistemas, utilizando transformaciones, mapas y metáforas. Así es cómo las matemáticas se hacen cada vez más abstractas y potentes; es la manera en que la música obtiene gran parte de su poder, con grandes estructuras que crecen a partir de pequeños detalles. Esta forma de comprensión subyace a gran parte del pensamiento occidental. En esta perspectiva buscamos el conocimiento que es universal, pero cuyos poderes están enraizados en lo concreto. Utilizamos principios que son compartidos pero revelamos detalles que son distintos.

Ahora, compárese este discernimiento con el siguiente relato independiente de la creatividad en las ciencias físicas. El autor del mismo es Hideki Yukawa, que pasó su carrera trabajando en las fuerzas de enlace del núcleo atómico, campo en el que hizo

descubrimientos por los que recibió el Premio Nobel de Física, siendo el primer japonés en obtenerlo.

Supóngase que existe algo que una persona no puede comprender. Pero se da cuenta de la similaridad de este algo con alguna otra cosa que comprende bastante bien. Comparando ambas cosas puede llegar a comprender la que no podía entender hasta este momento. Si tal comprensión resulta ser apropiada y nadie ha llegado antes a dicha comprensión, puede afirmar que su pensamiento fue verdaderamente creativo.

Las artes, como las ciencias, empiezan en el mundo real. Después se extienden a todos los mundos posibles, y finalmente a todos los mundos concebibles. En todas partes proyectan la presencia humana en todo lo que hay en el universo. Dado el poder de la metáfora, quizá las artes comenzaron con lo que puede denominarse el «efecto Picasso». Su fotógrafo y cronista Brassaï informó que el artista dijo en 1943: «Si al hombre se le ocurrió crear sus propias imágenes es porque las descubrió a todo su alrededor, casi formadas, ya a su alcance. Las vio en un hueso, en las superficies irregulares de las paredes de las cuevas, en un pedazo de madera. Una forma pudo sugerir una mujer, otra un bisonte, y otra todavía la cabeza de un demonio». Pudieron haber llegado a este camino por la percepción de lo que Gregory Bateson y Tyler Volk han llamado metapautas, estos círculos, esferas, límites y centros, binarios, capas, ciclos, interrupciones y otras configuraciones geométricas que se dan repetidamente en la naturaleza y que proporcionan pistas fácilmente reconocibles para la identidad de objetos más complicados.

Medió un corto trecho hasta no solo ver, sino recrear imágenes sobre las paredes pétreas con trazos de carbón de leña o con grabados sobre piedra, hueso y madera. Los primeros pasos titubeantes fueron intentos de estimular y, por lo tanto, humanizar, la naturaleza externa. El historiador del arte Vincent Scully ha observado que en las primeras épocas históricas, las gentes construían edificios sagrados para que se parecieran a montañas, ríos y animales. Al hacerlo así esperaban sacar partido de los poderes del ambiente. La mayor localidad ceremonial de la América precolombina, en la opinión de Scully, es Teotihuacán, en México central. «Allí la Avenida de los Muertos corre directamente hasta la base del Templo de la Luna, detrás del cual se eleva la montaña llamada Tenan (‘Nuestra Señora de Piedra’). Dicha montaña, de la que fluyen muchos manantiales, es básicamente piramidal en su forma y tiene un desfiladero en su centro. Y el templo imita la forma de la montaña, la intensifica, la clarifica, la geometriza, y por lo tanto la hace más potente, como si tratara de extraer agua de la montaña y llevarla a los campos de abajo».

Imítalo, hazlo geométrico, intensifícalo: no es esta una mala fórmula en tres fases para el pulso que guía a las artes como un todo. De alguna manera los innovadores saben cómo se hace todo esto. Seleccionan imágenes de la naturaleza que son emocional y estéticamente potentes. En el decurso de la historia, a medida que las técnicas se hacían más refinadas, los artistas proyectaron los sentimientos hacia la naturaleza. Los que trabajaban en arquitectura y las artes visuales crearon diseños basados en los rasgos idealizados del cuerpo humano y lo que imaginaron ser dioses

modelados a partir del cuerpo humano. Súplica, reverencia, amor, pesar, triunfo y majestad, todas ellas construcciones cargadas de emoción de la mente humana, fueron captadas como imágenes abstractas e impuestas sobre paisajes vivos e inanimados.

Los artistas, aunque son libres en cuanto a los detalles seleccionados, por lo general siguen fieles a las proposiciones universales de la estética. En sus variaciones de 1905-1908 de *La granja Weltvreden en Duivendrecht*, el joven Piet Mondrian pintó una hilera de árboles larguiruchos frente a una casa en sombras. El espaciado de los troncos de los árboles parece intuitivamente correcto, la redundancia en el encaje de sus copas se acerca a lo que (como describiré brevemente) la moderna supervisión de los EEG sugiere que es más excitante para el cerebro. La disposición entre espacio abierto y agua inmediata es la que estudios psicológicos recientes han revelado que se encuentra de manera innata entre las más atractivas de todas las disposiciones de este tipo posibles. Ignorante de estas correlaciones neurobiológicas, que probablemente no le hubieran importado aunque se las hubieran explicado, Mondrian repitió muchas veces el tema de la hilera de árboles durante un período de diez años, a medida que se abría camino hacia nuevas formas de expresión. Habiendo dejado muy atrás la influencia de Vermeer y Van Gogh, descubrió el cubismo y experimentó con él. En *Estudio de árboles II* (1913), las copas de varios árboles se pintan avanzadas, dominando sobre setos y otras estructuras desenfocadas y reducidas a sus esqueletos, pero todas siguen estando equilibradas en composición y cerca de la complejidad óptima en lo que a despertar el cerebro se refiere. Otras variaciones del mismo período abstraen cada vez más el todo en una configuración laberíntica de líneas reticuladas. Los espacios intermedios captan pautas de luz y color que cambian de un compartimiento al siguiente. El efecto total no es distinto al de un cielo tachonado visto a través de una bóveda arbórea. Otros temas, que incluyen edificios, dunas, embarcaderos y el mar, son transformados de manera parecida. Al final, Mondrian alcanzó los diseños abstractos puros por los que iba a ser tan célebre: «nada humano, nada específico», según él dijo. En este sentido, liberó su arte. Pero no es completamente libre, y dudo que en su interior nunca deseara que lo fuera. Sigue siendo fiel a las antiguas reglas hereditarias básicas que definen la estética humana.

No vemos en la evolución de Mondrian una producción localizada de la cultura occidental. El mismo proceso operaba en la confluencia de arte y escritura asiáticos. Los caracteres chinos se inventaron hace tres mil años como pictogramas burdos que se parecían a los objetos que representan. El sol y la luna, montañas y ríos, personas y animales, viviendas y utensilios, son todos reconocibles hoy de inmediato en la escritura china antigua. También se acercan al nivel óptimo de complejidad según los estándares del EEG. A lo largo de los siglos, los caracteres evolucionaron en la elegante caligrafía *karayo* de la escritura estándar. Una versión anterior de *karayo*, después de su introducción en el Japón, dio origen a nuevas formas, entre ellas la fluida escritura *wayo*, única de aquel país. Como en la caligrafía occidental y las

letras iniciales ornamentales de los manuscritos medievales, el arte impuso a la palabra escrita sus propias normas estéticas.

Solo mediante la intuición y una sensibilidad que no se somete fácilmente a las fórmulas, los artistas y escritores saben cómo evocar la respuesta emocional y estética. Añadiendo un artificio a otro, obedientes al dicho *ars est celare artem*, 'es propio del arte esconder el arte', nos apartan de las explicaciones de sus productos. Como parece que Louis Armstrong dijo del *jazz*: si has de preguntarlo, nunca lo sabrás. Los científicos, en cambio, intentan saber. Están ansiosos por explicárselo todo a uno, y por hacerlo claro. Pero han de esperar respetuosamente hasta que cae el telón o se cierran las tapas del libro.

Las artes son eternamente discursivas. Buscan el máximo efecto con imágenes nuevas. Y con imágenes que quedan grabadas en la memoria, de manera que cuando son recordadas conservan algo de su impacto original. Entre los ejemplos, aprecio especialmente el comienzo perfecto de la novela pedófila de Nabokov: «Lo-li-ta: la punta de la lengua realizando un viaje de tres pasos a lo largo del paladar para golpear, al tres, en los dientes». *Lo. Li. Ta*. Así, con precisión anatómica, sonidos aliterativos de *t* y métrica poética, Nabokov adereza el nombre, el título del libro y el argumento sensual.

Sorpresa, ingenio y originalidad caracterizan el uso memorable de la metáfora. En otro género, la poetisa Elizabeth Spires nos cuenta la lección teológica que impartió una monja en la escuela elemental de Saint Joseph de Circleville, Ohio, en una nevada mañana de invierno. El tema era escatología para principiantes.

*¿Durante cuánto tiempo pagarán por sus pecados estas almas perdidas? Por toda la eternidad*. La eternidad. ¿Cómo podemos, a los once años, debe de estar pensando ella, ser quizá capaces de concebir cuán larga es la eternidad? *Imaginaos la montaña más alta del mundo, hecha de roca maciza. Una vez cada cien años, un pájaro pasa volando, y la punta de su ala roza ligeramente la cumbre de la montaña. La eternidad es tan larga como el tiempo que tardaría el ala del pájaro en desgastar la montaña hasta que no quedara nada de ella*. Desde entonces, conecto el infierno y la eternidad no con el fuego y las llamas, sino con algo frío e invariable, una tundra helada dominada por una enorme montaña de granito que lanza su sombra sobre el paisaje.

¿Qué podemos saber realmente sobre los poderes creativos de la mente humana? La explicación de su base material se habrá de encontrar en la unión entre la ciencia y las humanidades. La primera premisa de la contribución científica es que el *Homo sapiens* es una especie biológica nacida de la selección natural en un ambiente bióticamente rico. Su corolario es que las reglas epigenéticas que afectan al cerebro humano fueron modeladas durante la evolución genética por las necesidades de las gentes del paleolítico en este ambiente.

La premisa y el corolario tienen la siguiente consecuencia. La cultura, que surge a partir de las producciones de muchas mentes que se entrelazan y refuerzan unas a otras a lo largo de muchas generaciones, se expande como un organismo que crece en un universo de posibilidad aparentemente infinita. Pero no todas las direcciones son

igualmente probables. Antes de la revolución científica, cada cultura estaba claramente circunscrita por el estado primitivo del conocimiento empírico de dicha cultura. La cultura evolucionó bajo la influencia local del clima, la distribución del agua y los recursos alimentarios. Y menos evidente, su crecimiento estuvo muy afectado por la naturaleza humana.

Lo que nos devuelve de nuevo a las artes. Las reglas epigenéticas de la naturaleza humana sesgan la innovación, el saber y la elección. Son centros de gravedad que atraen el desarrollo de la mente en determinadas direcciones y lo apartan de otras. Al llegar a los centros, los artistas, compositores y escritores a lo largo de los siglos han construido arquetipos, los temas expresados de forma más predecible en obras de arte originales.

Aunque reconocibles a través de su ocurrencia repetida, los arquetipos no pueden definirse fácilmente por una combinación sencilla de rasgos genéricos. Se comprenden mejor con ejemplos, reunidos en grupos que comparten las mismas características prominentes. Este método (denominado definición mediante especificación) funciona bien en la clasificación biológica elemental, aunque la naturaleza esencial de la especie como categoría sigue siendo discutida. En el mito y la ficción, solo dos docenas de tales agrupaciones subjetivas cubren la mayoría de arquetipos que generalmente se identifican como tales. Algunos de los que con más frecuencia se citan son los siguientes:

*En el principio*, las personas son creadas por los dioses, o por el apareamiento de gigantes, o el choque de titanes; en cualquier caso, empiezan como seres especiales en el centro del mundo.

*La tribu emigra* a una tierra prometida (o Arcadia, o el Valle Secreto, o el Nuevo Mundo).

*La tribu se enfrenta a las fuerzas del mal* en una batalla desesperada por la supervivencia; triunfa contra fuerzas muy superiores.

*El héroe* desciende a los infiernos, o es exiliado a la selva, o experimenta una Ilíada en una tierra distante; retorna en una Odisea contra todo pronóstico, supera obstáculos terribles a lo largo del camino, para cumplir con su destino.

*El mundo termina en un apocalipsis,* por la inundación, el fuego, conquistadores extraterrestres o dioses vengativos; es restaurado por una banda de supervivientes heroicos.

*Una fuente de gran poder* se encuentra en el árbol de la vida, el río de la vida, la piedra filosofal, el encantamiento sagrado, el ritual prohibido, la fórmula secreta.

*La mujer nutridora* es exaltada como la Gran Diosa, la Gran Madre, la Mujer Santa, la Reina Divina, la Madre Tierra, Gaia.

*El profeta* posee un saber y poderes de la mente especiales, disponibles para los que merezcan recibirlos; son el viejo o la vieja sabios, el hombre santo, el mago, el gran chamán.

*La Virgen* tiene el poder de la pureza, es el recipiente de la fuerza sagrada, debe

ser protegida a toda costa, y quizá sacrificada para apaciguar a los dioses o a las fuerzas demoníacas.

*El despertar sexual de la hembra* es concedido por el unicornio, la bestia amable, el poderoso extranjero, el beso mágico.

*El Tramposo* perturba el orden establecido y libera la pasión como dios del vino, rey del carnaval, juventud eterna, payaso, bufón, loco avispado.

*Un monstruo amenaza a la humanidad*, y aparece como la serpiente demoníaca (Satanás retorciéndose en el fondo del infierno), un dragón, gorgona, golem, vampiro.

Si las artes son gobernadas por reglas innatas de desarrollo mental, son los productos finales no solo de la historia convencional sino también de la evolución genética. Sigue planteándose una pregunta: las guías genéticas, ¿fueron meros subproductos (epifenómenos) de dicha evolución, o fueron adaptaciones que aumentaron directamente la supervivencia y la reproducción? Y si fueron adaptaciones, ¿cuáles fueron exactamente las ventajas que confirieron? Las respuestas, según creen algunos estudiosos, pueden encontrarse en artefactos conservados desde el alba del arte. Pueden ponerse a prueba posteriormente con el conocimiento de los artefactos y los hábitos de los cazadores-recolectores de la actualidad.

Esta es la imagen del origen de las artes que parece que está surgiendo. Las cualidades más distintivas de la especie humana son una inteligencia muy elevada, lenguaje, cultura y confianza en contratos sociales a largo plazo. En combinación, dieron al primitivo *Homo sapiens* una ventaja decisiva sobre todas las especies animales competidoras, pero también exigieron un precio que seguimos pagando, compuesto por el reconocimiento sorprendente del yo, de la finitud de la existencia humana y del caos del ambiente.

Estas revelaciones, y no la desobediencia a los dioses, son lo que expulsó a la humanidad del paraíso. El *Homo sapiens* es la única especie que sufre exilio psicológico. Todos los animales, aunque son capaces de un cierto grado de aprendizaje especializado, están movidos por el instinto, guiados por señales simples del ambiente que desencadenan pautas de comportamiento complejas. Los grandes simios tienen la capacidad de autorreconocerse, pero no existen indicios de que puedan reflexionar sobre su propio nacimiento y su eventual muerte. O sobre el significado de la existencia; la complejidad del universo no significa nada para ellos. Ellos y otros animales se hallan adaptados de manera exquisita únicamente a aquellas partes del ambiente de las que su vida depende, y prestan poca o ninguna atención al resto.

La influencia dominante que generó las artes fue la necesidad de imponer orden sobre la confusión causada por la inteligencia. En la era anterior a la expansión mental, las poblaciones prehumanas ancestrales evolucionaron como cualesquiera otras especies animales. Vivieron mediante respuestas instintivas que sostenían la supervivencia y el éxito reproductor. Cuando se llegó a la inteligencia

correspondiente al nivel de *Homo*, esta ventaja se amplió mediante el procesado de la información mucho más allá de las señales desencadenadoras. Permitió la flexibilidad de respuesta y la creación de escenarios mentales que alcanzaban lugares alejados y a gran distancia en el futuro. El cerebro en evolución, no obstante, no podía convertirse a la inteligencia general solo; no podía volverse un ordenador multiuso. De manera que en el curso de la evolución los instintos animales de supervivencia y reproducción se transformaron en los algoritmos epigenéticos de la naturaleza humana. Fue necesario mantener en su lugar estos programas innatos para la adquisición rápida del lenguaje, la conducta sexual y otros procesos de desarrollo mental. Si los algoritmos hubieran sido borrados, la especie se hubiera enfrentado a la extinción. La razón es que la duración de la vida de un ser humano individual no es lo suficientemente larga para clasificar las experiencias mediante un aprendizaje generalizado y no canalizado. Pero los algoritmos eran chapuceros: funcionaban adecuadamente, pero no de manera soberbia. Debido a la lentitud de la selección natural, que requiere decenas o cientos de generaciones para sustituir los genes viejos por otros nuevos, no hubo tiempo suficiente para que la herencia humana se las apañara con la enormidad de nuevas posibilidades contingentes que la inteligencia elevada revelaba. Se podían construir algoritmos, pero no eran lo suficientemente numerosos ni precisos para responder de forma automática y óptima a cualquier acontecimiento posible.

Las artes llenaron el vacío. Los primeros humanos las inventaron en un intento de expresar y controlar a través de la magia la abundancia del ambiente, el poder de la solidaridad y otras fuerzas de sus vidas que importaban mucho para la supervivencia y la reproducción. Las artes fueron el medio por el que estas fuerzas pudieron ritualizarse y expresarse en una realidad nueva y simulada. Extrajeron consistencia de su fidelidad a la naturaleza humana, a las reglas epigenéticas del desarrollo mental guiadas por la emoción (los algoritmos). Consiguieron dicha fidelidad al seleccionar las palabras, las imágenes y los ritmos más evocadores, al adaptarse a las guías emocionales de las reglas epigenéticas, al efectuar los pasos adecuados. Las artes cumplen todavía esta función primaria, y en buena medida en la misma forma antigua. Su cualidad se mide por su humanidad, por la precisión de su adhesión a la naturaleza humana. En un grado abrumador, esto es lo que queremos decir cuando hablamos de lo verdadero y lo bello en las artes.

Hace unos treinta mil años, el *Homo sapiens* utilizó las artes visuales para llevar a sus refugios la representación de animales grandes. Algunas de las más antiguas y más refinadas de tales obras son las pinturas rupestres, los grabados y las esculturas que se han encontrado en cavernas de la mitad meridional de la Europa de la Edad del Hielo. Durante el último siglo se han encontrado más de doscientas de tales cuevas en Italia, Suiza, Francia y España. La descubierta más recientemente, y la más antigua de todas, es la espectacular cueva pintada de Chauvet, en el valle del río Ardèche, un

afluente del Ródano. Las pruebas químicas han establecido la edad del arte en 32 410 ± 720 años. Las galerías rupestres más jóvenes son pinturas, grabados y esculturas magdalenienses, creadas en fecha más reciente, hace diez mil años, cerca del alba del período neolítico.

Las mejores de tales pinturas y dibujos de animales son precisas y bellas incluso según las exigentes normas modernas. Se ilustran con líneas netas y extensas, algunas de ellas están sombreadas en un lado como si quisieran transmitir la sensación de tridimensionalidad. Presentan una verdadera guía de campo de los mayores mamíferos de la región, desde el león al mamut, del oso al caballo, del rinoceronte al bisonte, muchos de los cuales se hallan extinguidos en la actualidad. Las figuras son más que imágenes abstractas. Algunas son claramente masculinas o femeninas, de edades diferentes. Algunas hembras están preñadas. Algunas portan pelajes reconocibles como de invierno o de verano. En Chauvet, dos rinocerontes macho rampantes entrecruzan los cuernos en combate.

Dada la antigüedad de Chauvet y la escasez de arte representacional aún más antiguo, es tentador concluir que las habilidades de los artistas de las cavernas surgieron rápidamente, quizá en el decurso de pocas generaciones. Pero ello sería prematuro. Sobre la base de indicios genéticos y fósiles, parece que los *Homo sapiens* anatómicamente modernos evolucionaron en África aproximadamente unos doscientos cincuenta mil años antes del presente, y penetraron en Europa en época relativamente reciente, hace cincuenta mil años. En el intervalo subsiguiente, hasta la época de las pinturas de Chauvet, desplazaron lentamente a las gentes de Neandertal, que ahora algunos antropólogos consideran que era una especie humana distinta. Es razonable suponer que durante esta era, y antes de ocupar los lugares concretos de las cavernas que en la actualidad albergan las obras más antiguas conocidas, los artistas mejoraron sus técnicas y estilo en superficies que en la actualidad se han perdido. Muchas de las primeras pinturas pudieron haberse aplicado a paredes de roca exteriores, una práctica que todavía siguen los cazadores-recolectores en Australia y África del Sur[40], y que por esta razón no consiguieron sobrevivir en el duro clima de la Europa de la Edad del Hielo.

Nunca se sabrá si el arte rupestre europeo surgió ya maduro o se perfeccionó en pequeñas fases a lo largo de milenios, pero al menos tenemos fuertes indicaciones sobre *por qué* fue creado. Varios ejemplares, hasta el 28% en Cosques, cerca de Marsella, por ejemplo, son pintados con flechas o lanzas que vuelan alrededor de los cuerpos de los animales. En Lascaux, un bisonte ha sido destripado por una lanza que entra por el ano y sale por los genitales. La explicación más sencilla y persuasiva para tales adornos es la que propuso a principios de la década de 1900 el abate Breuil, el explorador pionero e intérprete del arte paleolítico europeo. Se trata de magia de caza, dijo, la creencia de que al recrear los animales y matar sus imágenes, los cazadores podrán vencer más fácilmente a las presas reales cuando la caza empiece en el exterior.

*El arte es magia*: la frase tiene un retintín moderno, porque como oímos con frecuencia, la finalidad de las artes es el encantamiento. La hipótesis de Breuil viene reforzada por una intrigante evidencia adicional: la pintura repetida de la misma especie animal en los mismos paneles de superficie pétrea. En un caso, las pruebas químicas indican que los retratos se hicieron con siglos de intervalo. También se suelen dibujar duplicados (o en algunos casos se graban en fragmentos de hueso) sobre el original. Se replican los cuernos de los rinocerontes, los mamuts presentan bóvedas cefálicas múltiples, los leones tienen dos o tres cabezas completas. Aunque nunca podremos leer la mente de los artistas, una suposición razonable es que querían que las imágenes renacieran con cada duplicación con el fin de que sirvieran al propósito de nuevos rituales. Dichos rituales pudieron haber sido parte de ceremonias completas, acompañadas de formas primitivas de música y danza. En las cuevas se han descubierto flautas hechas de hueso, en condición lo bastante buena como para poderlas tocar una vez limpias, y las mismas pinturas suelen estar situadas siempre en lugares en los que la acústica es excelente.

La hechicería de la caza ha sobrevivido en una u otra forma en las sociedades de cazadores-recolectores hasta la época actual. Es una forma de magia simpática, una expresión de la creencia casi universal entre las gentes precientíficas de que la manipulación de símbolos e imágenes puede influir sobre los objetos que representan. Clavar agujas en muñecas e imágenes y otras prácticas del vudú maligno figuran entre las ejemplos más familiares de la cultura popular. La mayoría de rituales religiosos contienen elementos de magia simpática. Los niños seleccionados para ser sacrificados a Tlaloc, el dios azteca de la lluvia y el rayo, eran primero forzados a verter lágrimas, con el fin de atraer las gotas de lluvia al valle de México. El bautismo cristiano elimina los pecados del mundo. Para ser purificado, para nacer de nuevo, uno debe lavarse en la sangre del Cordero.

La creencia en la astrología y en la percepción extrasensorial, en particular en la psicoquinesis, está hecha a partir de elementos similares de la caja de herramientas del hechicero. La fe casi universal en la magia simpática de una u otra forma es fácil de explicar. En un mundo confuso y amenazador, las personas extienden la mano en busca de poder por todos los medios a su alcance. Combinar el arte con la magia simpática es una manera muy natural de intentarlo.

En contraposición a la hipótesis de la caza mágica, puede aducirse que las imágenes del arte de las cavernas servían a la finalidad mucho más simple de instruir a los jóvenes. Quizá solo se trataba de una *Peterson's Field Guide to the Large Mammals of Pleistocene Europe*[41]. Pero con no más de una docena de especies para aprender, resulta poco claro por qué los retratos se dibujaban repetidamente en los mismos paneles. O por qué los aprendices adolescentes no podían haber sido instruidos mejor en las habilidades de la caza acompañando a sus mayores en el campo, que es el método que utilizan en la actualidad los cazadores-recolectores.

La hipótesis mágica del arte animal está reforzada por otras formas de

comportamiento que demuestran las gentes de la Edad de Piedra actuales. Sus cazadores están intensamente preocupados por la vida de los grandes animales que les rodean, en especial los mamíferos que pueden matarse solo siguiéndoles el rastro o mediante emboscada. Les interesan menos las especies pequeñas, tales como liebres o puercoespines, que pueden hacerse caer en trampas o se pueden extraer de sus madrigueras. Con frecuencia atribuyen a sus presas grandes la posesión de una mente y de poderes especiales que proyectan sus propios deseos humanos ardientes. A veces apaciguan con ceremonias a los animales que matan. Cazadores de muchas culturas recolectan cráneos, garras y pieles como trofeos para guardar memoria de su propia proeza. Los animales totémicos, investidos de cualidades sobrenaturales y honrados con arte reverencial, se utilizan después como símbolos para unir a los miembros del clan. Sus espíritus presiden las celebraciones de victoria, y ven a la gente a través de las oscuras horas de la derrota. Recuerdan a cada individuo la existencia de algo mayor que él mismo, algo inmortal de lo que él forma parte. Los tótems refuerzan la moderación en la disputa, y reducen la disensión dentro de la tribu. Son fuente de poder real. No es sorprendente encontrar que entre los pocos seres humanos bien dibujados en el arte de la Edad del Hielo hay chamanes que portan tocados de cuernos de ciervo, o la cabeza de un ave o un león. Parece lógico que dioses en forma de animales gobernaran las antiguas civilizaciones del Creciente fértil y de Mesoamérica. Estos efectos de la magia simpática irradian hacia el exterior. No solo las bandas de cazadores-recolectores, sino también grupos y naciones con un nivel de civilización elevado son propensos a adoptar especies animales como tótems que reflejen las cualidades que más valoran en ellos mismos. Los aficionados al fútbol americano, que finalmente han encontrado la manera de formar sus propias tribus del paleolítico, vitorean a los Leones de Detroit, los Delfines de Miami y los Osos de Chicago.

El origen biológico de las artes es una hipótesis de trabajo, que depende de la realidad de las reglas epigenéticas y de los arquetipos que generan. Se ha construido en el espíritu de las ciencias naturales, y como tal pretende ser verificable, vulnerable y consiliente con el resto de la biología.

De manera que, ¿cómo hay que comprobar pues la hipótesis? Una manera es predecir a partir de teoría evolutiva los temas y las reglas epigenéticas subyacentes que es más probable que se encuentren en las artes. Sabemos que tales temas cuasiuniversales existen realmente, y en realidad forman el andamiaje de la mayoría de obras de ficción y de las artes visuales. Su generalidad es la razón por la que Hollywood funciona bien en Singapur, y por la que se dan Premios Nobel de Literatura a africanos y asiáticos, además de a europeos. Lo que no sabemos muy bien es por qué es así, por qué los procesos de desarrollo mental dirigen la atención de manera tan consistente hacia determinadas imágenes y narraciones. La teoría evolutiva es un medio potencialmente poderoso de predecir las reglas epigenéticas

subyacentes y de comprender sus orígenes en la historia genética.

Con anterioridad describí un importante ejemplo del enfoque evolutivo, en estudios que abordan la evitación y los tabúes del incesto. Las respuestas inhibidoras innatas que causan estos fenómenos han reverberado en los mitos y las artes a todo lo largo de la historia registrada. Otras respuestas que pueden conectar la teoría biológica a las artes son los lazos entre padres e hijos, la cooperación y el conflicto familiar y la agresión y defensa territorial.

Una segunda manera, completamente distinta, de descubrir reglas epigenéticas que afecten a las artes es sencillamente buscarlas de manera directa, con métodos de las neurociencias y de la psicología cognitiva. En un estudio pionero de «bioestética» publicado en 1973, la psicóloga belga Gerda Smets pedía a sujetos que miraran dibujos de varios grados de complejidad mientras ella registraba los cambios en las pautas de sus ondas cerebrales. Para registrar la excitación, esta investigadora utilizaba la desincronización de las ondas alfa, una medida neurobiológica estándar. En general, cuanto más desincronizadas están las ondas alfa, mayor es la excitación psicológica que los sujetos advierten de manera subjetiva. Smets hizo un descubrimiento sorprendente. Encontró un fuerte pico de respuesta cerebral cuando la redundancia (repetición de los elementos) en los dibujos era de alrededor del 20%. Esta es la cantidad equivalente de orden que se encuentra en varias situaciones: en un laberinto sencillo, en dos vueltas completas de una espiral logarítmica, o en una cruz de brazos asimétricos. El efecto del 20% de redundancia parece ser innato. Los niños recién nacidos miran durante más tiempo dibujos que tienen aproximadamente la misma cantidad de orden.

¿Qué tiene que ver esta regla epigenética con la estética y el arte? La conexión es más directa de lo que puede parecer a primera vista. Las figuras de Smets que producen una excitación elevada, aunque están generadas por ordenador, tienen un parecido inquietante con diseños abstractos utilizados en todo el mundo en frisos, enrejados, logotipos, colofones y diseños de banderas. Se aproximan asimismo en orden y complejidad a las pictografías del chino, el japonés, el thai, el tamil, el bengalí escritos y otros lenguajes asiáticos escritos de origen diverso, así como a los glifos de los antiguos egipcios y mayas. Finalmente, parece probable que algunos de los productos más estimados del arte moderno caigan cerca del mismo nivel óptimo de orden, como ilustra la *œuvre* de Mondrian. Aunque esta conexión de la neurobiología con las artes es tenue, ofrece una pista prometedora para el instinto estético que, por lo que yo sé, todavía no ha sido explorada de forma sistemática por los científicos ni por los intérpretes de las artes.

Analizar la belleza de la cara de una joven es otra manera de explorar directamente en busca de reglas epigenéticas relevantes para la estética. Durante más de un siglo se ha sabido que las composiciones fotográficas de muchas caras fundidas en una sola se consideran más atractivas que la mayoría de caras individuales observadas por separado. El fenómeno ha llevado a la creencia de que la belleza

facial ideal es simplemente la condición promedio para la población en su conjunto. Resulta que esta conclusión completamente razonable solo es parcialmente cierta. En 1994 nuevos estudios revelaron que una mezcla de caras individuales consideradas atractivas al principio recibe una puntuación más alta que una mezcla de todas las caras sin una selección previa. En otras palabras, una cara promedio es atractiva, pero no atractiva en grado óptimo. A determinadas dimensiones de la cara se les da evidentemente más peso en la evaluación que a otras. Los análisis produjeron una sorpresa real. Cuando se identificaron las dimensiones críticas y se exageraron en caras compuestas modificadas artificialmente, la cualidad atractiva aumentó todavía más. Las caras de mujeres caucásicas y japonesas tuvieron este efecto en sujetos jóvenes ingleses y japoneses de ambos sexos. Los rasgos que se consideran más atractivos son pómulos relativamente altos, mandíbula delgada, ojos grandes en relación al tamaño de la cara, y distancia entre boca y barbilla y entre nariz y barbilla algo más corta frente a distancias algo más largas.

Solo un reducido porcentaje de mujeres jóvenes se encuentra en el promedio o cerca de él. Esto es esperable en una especie genéticamente diversa cuyas combinaciones precisas de rasgos son creadas de nuevo con cada generación dentro de las familias y entre ellas. Lo que es más intrigante es que el óptimo diverja de la media. Pocas mujeres (muy pocas, en realidad) se acercan al óptimo. Si la percepción de la belleza facial resultara una mayor supervivencia y éxito reproductor de las más bellas imaginables, entonces las más hermosas deberían hallarse en o cerca del promedio en la población. Tal es el resultado esperado de la selección natural estabilizadora: las desviaciones en cualquier dirección de las dimensiones óptimas son desfavorecidas, y el óptimo es sostenido como norma a lo largo del tiempo evolutivo.

La explicación de la rareza de grandes bellezas puede ser (y continúo especulando) el fenómeno de comportamiento conocido como estímulo supernormal. Ampliamente extendido en las especies animales, es la preferencia durante la comunicación por las señales que exageran las normas, aunque raramente o nunca existan en la naturaleza. Un ejemplo instructivo es la atracción de la hembra en la nacarada, una mariposa anaranjada moteada de plata que se encuentra en claros de bosques desde Europa occidental hasta el Japón. Durante la estación reproductora los machos reconocen instintivamente a las hembras de su propia especie por sus colores y movimientos de vuelo, que son únicos. Las persiguen, pero no son lo que realmente prefieren los machos. Los investigadores encontraron que podían atraer a machos de nacaradas mediante réplicas de plástico cuyas alas se hacían aletear mecánicamente. Para su sorpresa, también descubrieron que los machos se alejan de las hembras reales y vuelan hacia los modelos con las alas mayores, más brillantes y que se mueven más rápidamente. No existe tal superhembra de nacarada en el ambiente natural de la especie.

Los machos de nacarada parecen haber evolucionado para preferir la expresión

más fuerte de determinados estímulos, sin límite superior. El fenómeno está muy extendido en el reino animal. Mientras experimentaba con lagartos anolis en las Antillas hace algunos años, encontré que los machos se exhiben de manera entusiasta frente a fotografías de otros miembros de la misma especie, aunque las imágenes sean del tamaño de un automóvil pequeño. Otros investigadores han descubierto que las gaviotas argénteas ignoran sus propios huevos cuando se les ofrecen modelos de madera adecuadamente pintados, tan grandes que ni siquiera pueden subirse a ellos.

En el mundo real la respuesta supernormal funciona porque las formas monstruosas creadas por los experimentadores no existen, y los animales pueden seguir sin riesgo una regla epigenética que se puede expresar como sigue: «Toma el mayor individuo (o el más brillante, o el que se mueva de forma más conspicua) que encuentres». Las hembras de nacarada no pueden ser insectos gigantes con alas brillantes y zumbantes. Animales así no conseguirían encontrar el alimento suficiente para atravesar la fase de oruga y sobrevivir en los bosques euroasiáticos. De manera paralela, las mujeres con grandes ojos y rasgos delicados pueden tener una salud menos robusta, especialmente durante los rigores del parto, que las que se hallan más cerca del promedio de la población. Pero, al mismo tiempo (y este podría ser el significado adaptativo), presentan pistas físicas de juventud, virginidad y la expectativa de un largo período reproductor.

El óptimo descentrado del carácter de la atracción femenina no es más peculiar que la mayor parte del resto del comportamiento social humano. Toda la industria de la belleza puede interpretarse como la fabricación de estímulos supernormales. La sombra de ojos y el rimel agrandan los ojos, el lápiz de labios llena y aviva los labios, el colorete aporta un sonrojo permanente a las mejillas, el maquillaje de mascarilla alisa y remodela la cara hacia el ideal innato, la laca de uñas añade circulación sanguínea a las manos, y peinar y teñir el pelo hace que este tenga más cuerpo y parezca más joven. Todos estos toques hacen algo más que imitar las señales fisiológicas naturales de juventud y fecundidad. Van más allá del promedio normal.

El mismo principio es cierto para los adornos corporales de todo tipo en hombres y mujeres. Vestidos y símbolos proyectan vigor y advierten del nivel social. Miles de años antes que los artistas pintaran animales y chamanes disfrazados en las paredes de las cuevas europeas, la gente ya cosía abalorios a las ropas y perforaba cinturones y cintas para la cabeza con dientes de carnívoro. Tales evidencias indican que el lienzo original de las artes visuales fue el propio cuerpo humano.

Ellen Dissanayake, una historiadora americana de la estética, sugiere que el papel primario de las artes es y ha sido siempre «hacer especiales» determinadas características de los seres humanos, los animales y el ambiente inanimado. Tales características, como queda ilustrado por la belleza femenina, son aquellas hacia las que la atención humana ya se halla biológicamente predispuesta. Figuran entre los mejores lugares en los que buscar las reglas epigenéticas del desarrollo mental.

Las artes, mientras crean orden y significado a partir del caos aparente de la existencia cotidiana, también alimentan nuestra ansia de lo místico. Nos sentimos atraídos por las formas sombrías que entran en el subconsciente y salen flotando de él. Soñamos en lo insoluble, en lugares y tiempos distantes e inalcanzables. ¿Por qué habría de gustarnos tanto lo desconocido? La razón puede ser el ambiente del paleolítico en el que evolucionó el cerebro. En nuestras emociones, así lo creo, todavía estamos allí. Como naturalista, utilizo unas imágenes geográficas explícitas en las fantasías de este mundo formativo.

En el centro de nuestro mundo está el terreno conocido. En el centro del centro están los refugios, adosados contra una pared de roca. Desde los refugios radian sendas bien holladas en las que cada árbol y cada roca son familiares. Más allá reside la oportunidad para la expansión y la riqueza. Siguiendo un río, a través de un corredor arbolado que bordea la orilla opuesta, hay lugares de acampada herbosos en los que la caza y las plantas comestibles son estacionalmente abundantes. Tales oportunidades están equilibradas por el riesgo. Podríamos perder el camino en una expedición demasiado distante. Una tormenta podría atraparnos. Los pueblos vecinos (envenenadores, caníbales, no completamente humanos) podrían comerciar o atacarnos; solo podemos adivinar sus intenciones. En cualquier caso, son una barrera infranqueable. Al otro lado está el borde del mundo, que quizá se atisba como la ladera de una montaña, o un precipicio hacia el mar. Ahí fuera puede haber cualquier cosa: dragones, demonios, dioses, el paraíso, la vida eterna. Nuestros antepasados vinieron de allí. Los espíritus que conocemos viven más cerca, y al caer la noche empiezan a moverse. ¡Hay tantas cosas intangibles y extrañas! Sabemos un poco, lo suficiente para sobrevivir, pero el resto del mundo es un misterio.

¿Cuál es este misterio que encontramos tan atractivo? No es un simple enigma que espera ser resuelto. Es mucho más que esto, algo todavía demasiado amorfo, demasiado poco comprendido para ser desmenuzado en acertijos. Nuestras mentes viajan fácilmente (¡ansiosamente!) desde lo familiar y tangible hasta el reino místico. En la actualidad todo el planeta se ha convertido en terreno conocido. Las redes de información global son sus senderos radiantes. Pero el reino místico no se ha desvanecido; solo se ha retirado, al principio, del primer término y, después, de las distantes montañas. Ahora lo buscamos en las estrellas, en el futuro inescrutable, en la todavía provocadora posibilidad de lo sobrenatural. Tanto lo conocido como lo desconocido, los dos mundos de nuestros antepasados, alimentan el espíritu humano. Sus musas, la ciencia y las artes, susurran: «Síguenos, explora, encuentra». Al intentar comprender esta aura de la mente ancestral no dependemos completamente de la introspección y la fantasía. Los antropólogos han estudiado con detenimiento cuadrillas de cazadores-recolectores contemporáneos cuyos modos de vida parecen ser semejantes a los de nuestros antepasados comunes del paleolítico. Al registrar los idiomas, las actividades diarias y las conversaciones, los investigadores han deducido

inferencias razonables referidas a los procesos de pensamiento de sus sujetos.

Uno de tales relatos es el que proporciona Louis Liebenberg sobre los cazadores recolectores «bosquimanos» del Kalahari central, que hablan san, más concretamente los ju/wasi (o !kung), los /gwi y los !xo de Botswana y Namibia. Liebenberg se ha basado en sus propias investigaciones y en las de otros antropólogos, en especial Richard B. Lee y George B. Silberbauer, para registrar la cultura en extinción de este pueblo notable.

Las cuadrillas del Kalahari, con el fin de vivir a base de los recursos dispersos del desierto, han de planificar y actuar de manera muy cuidadosa. El conocimiento del terreno local y de la ecología estacional es particularmente importante. Las bandas saben que la distribución de recursos hídricos en el interior de su territorio es lo más importante de todo. En palabras de Liebenberg:

Durante la estación de las lluvias viven en charcas temporales en medio de bosques de nueces. Solo recogen los alimentos más sabrosos y abundantes que se encuentran a la menor distancia del agua. A medida que pasa el tiempo han de viajar cada vez más lejos para recolectar el alimento. Por lo general, ocupan un campamento por un período de semanas o meses y se van cuando han comido todo lo comestible. Durante la estación seca, los grupos tienen su base en pozas permanentes. Comen lo que encuentran en un radio creciente de alimentos deseables, y a medida que las distancias entre el agua y el alimento se hacen mayores el esfuerzo de subsistencia aumenta.

Las cuadrillas del Kalahari son expertas en geografía local y en las muchas plantas y animales de los que depende su vida. Los recolectores de plantas, por lo general las mujeres pero también los hombres en su retorno a casa después de cazas infructuosas, utilizan el conocimiento de las comunidades botánicas para encontrar las especies comestibles. Son conservacionistas a guisa de necesidad. Liebenberg continúa:

Evitan eliminar a una especie de un área dejando un residuo, de manera que la regeneración no se ponga en peligro. Los ejemplares localmente escasos no son explotados aunque los encuentren mientras recogen otras especies.

Los cazadores son igualmente expertos en los detalles de la vida animal. Su habilidad a la hora de seguir la pista de animales grandes depende de este conocimiento.

Cuando encuentran un rastro fresco, los cazadores estiman la edad del animal y lo rápido que se desplaza para decidir si vale la pena seguirlo. En la maleza densa, donde quizá las huellas no sean claras, o sobre terreno duro, donde solo las marcas de arañazos pueden ser evidentes, los rastreadores pueden no ser capaces de identificar el animal. Cuando esto ocurre, tendrán que seguir la pista, en busca de señales como las de la vegetación perturbada y las marcas de arañazos, hasta que encuentren huellas claras de pisadas. Reconstruirán lo que hacía el animal y predecirán adónde iba.

En el Kalahari, al igual que en todo el mundo de los cazadores-recolectores durante incontables milenios, la caza tiene un lugar central en la vida social de la cuadrilla.

En las narraciones alrededor del fuego del campamento por la noche, los hombres ofrecen descripciones gráficas de cazas en el pasado reciente y en el distante. Encontrar animales requiere toda la información sobre sus

movimientos que pueda obtenerse de las observaciones de otros y de la interpretación de las señales que hace el propio cazador. Los cazadores pasarán muchas horas discutiendo las costumbres y los movimientos de los animales.

La vida de la cuadrilla del Kalahari, que consta de un número óptimo de entre cincuenta y setenta miembros, es muy comunal y cooperativa. Puesto que el grupo ha de desplazarse varias veces por año con todas las posesiones a sus espaldas, los individuos acumulan pocos bienes materiales que no sean esenciales para la supervivencia.

La propiedad está limitada al vestido de un individuo, a las armas y utensilios del hombre y a los bienes domésticos de la mujer. El territorio de la banda y todos sus bienes no son propiedad individual, sino colectiva, de toda la banda.

Para mantener al grupo unido, se observan de manera estricta la corrección y la reciprocidad.

Aunque la caza es una actividad importante en la subsistencia del cazador-recolector, se espera que los cazadores que tienen éxito, y que pueden estar naturalmente contentos de sí mismos, demuestren humildad y delicadeza. Para los ju/wasi, por ejemplo, anunciar que se ha cobrado una pieza es señal de arrogancia y se desaprueba fuertemente. Muchos buenos cazadores no cazan durante semanas o meses seguidos. Después de una racha de cazas con éxito, un cazador deja de cazar con el fin de dar a otros hombres la posibilidad de hacerlo.

Aunque los cazadores del Kalahari son estudiantes aplicados del comportamiento animal, son completamente antropomórficos en su interpretación. Se esfuerzan por penetrar en la mente de los animales a los que siguen la pista. Imaginan, proyectan pensamientos directamente al mundo que les rodea y explican por analogía.

El comportamiento animal se percibe como racional y dirigido por motivos basados en valores (o en la negación de tales valores) que poseen los propios cazadores-recolectores o por personas que ellos conocen. Los /gwi consideran el comportamiento de los animales ligado por el orden natural del *N!adima* (Dios). Cada especie es percibida como poseedora de un comportamiento característico, que está gobernado por sus *kxodzi* (costumbres), y cada una posee su *kxwisa* (habla, lenguaje) particular. Se cree que los animales han adquirido capacidades especiales mediante el pensamiento racional.

Al conocer la creencia de los pueblos preletrados en la equivalencia de los mundos material e inmaterial, y de la explicación racional e irracional, es fácil ver de qué modo inventan formas narrativas cargadas de mitos y tótems. La aceptación del misterio es consustancial a su vida.

Los /gwi creen que algunas especies poseen conocimientos que trascienden los de los seres humanos. Creen que el águila volatinera sabe cuándo un cazador tendrá éxito y planeará sobre él, actuando así como un augurio de éxito seguro. Creen que algunos steenbuck poseen medios mágicos para protegerse de las flechas de un cazador, mientras que creen que el duiker practica la hechicería contra sus enemigos animales e incluso contra rivales conespecíficos. Creen que los papiones, debido a su amor legendario por los trucos y las bromas, escuchan furtivamente a los cazadores y transmiten sus planes a los animales objeto de la caza.

El mundo que los seres humanos preletrados perciben objetivamente es solo un pequeño fragmento del mundo natural completo. Así, por necesidad, la mente primitiva se halla continuamente ajustada al misterio. Para los cazadores-recolectores del Kalahari y otros grupos contemporáneos la experiencia de la vida cotidiana se transforma de manera imperceptible en su entorno mágico. Los espíritus moran en los árboles y las rocas, los animales piensan y el pensamiento humano se proyecta hacia fuera desde el cuerpo con una fuerza física.

Todos somos todavía primitivos comparados con aquello en lo que podríamos convertirnos. Tanto los cazadores-recolectores como los urbanitas educados en el instituto son conscientes de menos de una de cada mil especies de organismos (plantas, animales y microorganismos) que sostienen los ecosistemas que hay a su alrededor. Saben muy poco de las fuerzas biológicas y físicas reales que crean el aire, el agua y el suelo. Incluso el naturalista más capaz no puede hacer otra cosa que trazar el esbozo más general de un ecosistema al que ha dedicado toda una vida de estudio.

Pero las grandes lagunas del conocimiento empiezan a llenarse. Tal es la fuerza de la ciencia acumulativa en un mundo letrado. Las personas aprenden y olvidan, mueren, e incluso las instituciones más fuertes que erigen se deterioran, pero el saber continúa expandiéndose globlalmente al tiempo que pasa de una generación a la siguiente. Cualquier persona experimentada puede obtener y aumentar cualquier parte de dicho saber. Por estos medios, acabarán por conocerse todas las especies de los organismos de ecosistemas tales como el del desierto de Kalahari. Se les dará nombres científicos. Se descubrirá su lugar en la red alimentaria, se penetrará en su anatomía y su fisiología hasta el nivel de la célula y la molécula, el comportamiento instintivo de los animales se reducirá a circuitería neuronal, y después a neurotransmisores e intercambio de iones. Si la historia de la biología es una guía, todos los hechos se demostrarán consilientes. Las explicaciones pueden articularse en el espacio desde la molécula al ecosistema, y en el tiempo desde el microsegundo al milenio.

Con la explicación consiliente pueden reensamblarse las unidades a distintos niveles de la organización biológica. Entre ellas habrá plantas y animales completos tal como los vemos normalmente, no como colecciones de moléculas en el tiempo bioquímico, demasiado pequeñas y rápidamente cambiantes para ser visibles al ojo desnudo, no como poblaciones completas que viven en el lento movimiento del tiempo ecológico, sino como plantas y animales individuales confinados al torzal de tiempo organísmico en el que la consciencia humana, al ser a su vez organísmica, se ve forzada a existir.

Volviendo a este estrecho torzal después del gran recorrido por el espacio-tiempo de la mano de la ciencia, llegamos al hogar en el mundo para el que la evolución del cerebro nos preparó. Ahora, con la ciencia y las artes combinadas, lo tenemos todo.

Poeta en mi corazón, camina conmigo a través de la tierra misteriosa. Todavía podemos ser cazadores en el tiempo de los sueños de un millón de años. Nuestra mente está llena de cálculos y emociones. Somos estetas tensos por la ansiedad. De nuevo, el águila volatinera se mueve en círculos sobre nuestras cabezas, intentando decirnos algo que pasamos por alto, algo que olvidamos. ¿Cómo podemos estar seguros de que las águilas no hablan nunca, que todo puede conocerse acerca de esta tierra? Cerca está el rastro del huidizo duiker que lleva al interior del matorral: ¿lo seguiremos? La magia penetra de forma seductora en la mente, como una droga en las venas. Aceptando su poder emotivo, sabemos algo importante acerca de la naturaleza humana. Y algo importante desde el punto de vista intelectual: que en el espacio-tiempo expandido el círculo ardiente de la ciencia y las artes puede cerrarse.

Dentro de la escala mayor, el mundo arcaico del mito y la pasión se percibe tal como es realmente, a través de toda la gama de causa y efecto. Cada contorno del terreno, cada planta y animal que viven en él, y el intelecto humano que los domina a todos, pueden comprenderse de manera más completa como una entidad física. Pero al hacerlo así no hemos abandonado el mundo de los instintos de nuestros antepasados. Al centrarnos en el nicho peculiarmente humano del continuo, podemos, si queremos (y queremos desesperadamente), habitar en las producciones del arte con el mismo sentido de belleza y misterio que nos embargó al principio. No existe ninguna barrera entre el mundo material de la ciencia y las sensibilidades del cazador y del poeta.

# CAPÍTULO 11

## Ética y religión

Siglos de debate sobre el origen de la ética se reducen a esto: o bien los preceptos éticos, tales como la justicia y los derechos humanos, son independientes de la experiencia humana, o bien son invenciones humanas. La distinción es algo más que un ejercicio para los filósofos académicos. La elección entre las dos hipótesis supone toda la diferencia en la manera en que nos vemos a nosotros mismos como especie. Mide la autoridad de la religión y determina la conducta del raciocinio moral.

Las dos hipótesis en competencia son como islas en un mar de caos, inamovibles, tan diferentes como la vida y la muerte, la materia y el vacío. No puede saberse por pura lógica cuál de las dos es correcta; por el momento, solo un salto de fe nos llevará de una a otra. Pero acabará por llegarse a la respuesta verdadera por la acumulación de indicios objetivos. El raciocinio moral, así lo creo, es en todos los niveles intrínsecamente consiliente con las ciencias naturales.

Toda persona que piense tiene su opinión acerca de cuál de las premisas es correcta. Pero la división no está, como se supone generalmente, entre los creyentes religiosos y los seglares. Está entre trascendentalistas, los que piensan que existen pautas morales fuera de la mente humana, y empiristas, que las consideran artificios de la mente. La elección entre convicción religiosa o no religiosa y la elección entre convicción éticamente trascendentalista o empirista son decisiones que se entrecruzan y que se hacen en el pensamiento metafísico. Un trascendentalista ético, que cree que la ética es independiente, puede ser un ateo o bien asumir la existencia de una deidad. De manera paralela, un empirista ético, que cree que la ética solo es una creación humana, puede ser un ateo o por el contrario creer en una deidad creadora (aunque no en un Dios que dicta las leyes en el sentido judeocristiano tradicional). En sus términos más simples, la opción del fundamento ético es como sigue: «Creo en la independencia de los valores morales, procedan o no de Dios», frente a «Creo que los valores morales proceden únicamente de los seres humanos; Dios es un asunto distinto».

Los teólogos y los filósofos se han centrado casi siempre en el trascendentalismo como el medio para validar la ética. Buscan el santo grial de la ley natural, que comprende principios autoestables de conducta moral inmunes a la duda y al compromiso. Los teólogos cristianos, siguiendo el razonamiento de santo Tomás de Aquino en la *Summa Theologica*, consideran, en general, que la ley natural es la expresión de la voluntad de Dios. Los seres humanos, según esta visión, tienen la obligación de descubrir la ley mediante razonamiento diligente y entretejerla en la

rutina de su vida cotidiana. Puede parecer que los filósofos seglares de tendencia trascendental sean radicalmente distintos de los teólogos, pero en realidad son muy parecidos, al menos en raciocinio moral. Tienden a ver la ley natural como un conjunto de principios tan poderosos que han de ser autoevidentes a cualquier persona racional, cualquiera que sea su origen último. Para abreviar, el trascendentalismo es fundamentalmente el mismo ya se invoque a Dios o no.

Por ejemplo, cuando Thomas Jefferson, siguiendo a John Locke, derivó la doctrina de los derechos naturales de la ley natural, estaba más preocupado por el poder de las afirmaciones trascendentes que por su origen divino o profano. En la Declaración de Independencia mezcló las suposiciones seglares y religiosas en una frase trascendentalista, con lo que cubría todas las apuestas: «Sostenemos que estas Verdades son autoevidentes, que todos los Hombres son creados iguales, que su Creador los ha dotado de ciertos Derechos inalienables, que entre ellos están la Vida, la Libertad y la Búsqueda de la Felicidad». Esta afirmación se convirtió en la premisa cardinal de la religión civil americana, la espada justa que blandieron Lincoln y Martin Luther King, y resiste como la ética básica que une a los diversos pueblos de Estados Unidos.

Tan apremiantes son estos frutos de la teoría de la ley natural, especialmente cuando se invoca asimismo a la deidad, que puede parecer que sitúan fuera de cuestión la hipótesis trascendentalista. Pero a su noble éxito hay que añadir fracasos estrepitosos. En el pasado han sido pervertidos muchas veces, por ejemplo, utilizados para defender apasionadamente la conquista colonial, la esclavitud y el genocidio. Ni existió ninguna gran guerra que se librara sin que cada bando pensara que su causa era trascendentalmente sagrada de una u otra manera. «¡Oh, cómo nos odiamos los unos a los otros —observó el cardenal Newman— por el amor de Dios!».

De modo que quizá podamos hacerlo mejor, tomándonos más en serio el empirismo. La ética, según la opinión del empirista, es la conducta favorecida de manera suficientemente consistente por toda la sociedad hasta que se expresa como un código de principios. Es impulsada por predisposiciones hereditarias en el desarrollo mental (los «sentimientos morales» de los filósofos de la Ilustración) que producen amplias convergencias en distintas culturas, al tiempo que alcanzan una forma precisa en cada cultura según la circunstancia histórica. Los códigos, ya sean juzgados por los extraños como buenos o malos, desempeñan un importante papel a la hora de determinar qué culturas prosperan y cuáles decaen.

La importancia del punto de vista del empirista es su énfasis en el conocimiento objetivo. Puesto que el éxito de un código ético depende de lo sabiamente que interprete los sentimientos morales, los que lo formulan debieran saber cómo funciona el cerebro y cómo se desarrolla la mente. El éxito de la ética depende asimismo de la predicción precisa de la consecuencia de acciones determinadas en relación a otras distintas, especialmente en casos de ambigüedad moral. También esto necesita una gran cantidad de conocimiento consiliente con las ciencias naturales y

sociales.

El argumento del empirista, pues, es que, explorando las raíces biológicas del comportamiento moral y explicando sus orígenes y sesgos materiales, hemos de ser capaces de modelar un consenso ético más sabio y más duradero que lo que hemos tenido hasta ahora. La expansión actual de la indagación científica en los procesos más profundos del pensamiento humano hace realizable esta empresa.

La elección entre el trascendentalismo y el empirismo será la versión del siglo que viene de la lucha por las almas de los hombres. El raciocinio moral permanecerá centrado en las jergas de la teología o la filosofía, donde ahora se encuentra, o bien pasará al análisis material basado en la ciencia. Dónde se instale dependerá de qué visión del mundo resulte correcta, o al menos de cuál sea *percibida* como correcta de manera más extensa.

Ha llegado el momento de enseñar las cartas. Los eticistas, intelectuales que se especializan en el raciocinio moral, no son propensos a hacer declaraciones sobre los fundamentos de la ética, o a admitir la falibilidad. Raramente se oye una argumentación que empiece con esta sencilla afirmación: «Este es mi punto de partida y podría estar equivocado». En cambio, el eticista prefiere el paso incómodo de lo particular a lo ambiguo, o al revés, de la vaguedad a los casos sólidos. Sospecho que casi todos ellos son trascendentalistas de corazón, pero rara vez lo dicen en frases declarativas simples. Uno no puede culparles demasiado; es difícil explicar lo inefable, y evidentemente no desean sufrir la indignidad de que sus creencias personales se comprendan con claridad. De modo que, en general, dan muchos rodeos al tema de los fundamentos.

Dicho esto, intentaré desde luego ser franco acerca de mi propia posición: soy un empirista. En religión me inclino por el deísmo, pero considero que su prueba es en gran parte un problema de astrofísica. La existencia de un Dios cosmológico que creó el universo (tal como considera el deísmo) es posible, y quizá acabe por establecerse, quién sabe si mediante formas de evidencia material todavía no imaginadas. O quizá el asunto se halle para siempre fuera del alcance humano. En cambio, y de mucha mayor importancia para la humanidad, la existencia de un Dios biológico, que gobierne la evolución orgánica e intervenga en los asuntos humanos (tal como considera el teísmo), resulta cada vez más contravenida por la biología y las ciencias del cerebro.

Los mismos indicios, según creo, favorecen un origen puramente material de la ética y cumplen el criterio de consiliencia: las explicaciones causales de la actividad del cerebro y de la evolución, aunque imperfectas, abarcan ya la mayoría de hechos conocidos sobre el comportamiento moral, con la mayor precisión y el menor número de hipótesis autoestables. Aunque esta concepción es relativista, en otras palabras, dependiente del punto de vista personal, no tiene por qué serlo de manera irresponsable. Si se desarrolla cuidadosamente, puede conducir de manera más

directa y segura a códigos morales estables que el trascendentalismo (que, si uno piensa en ello, es asimismo relativista en último término).

Y, claro, antes de que me olvide, puedo estar equivocado.

Con el fin de remarcar la distinción entre trascendentalismo y empirismo, he inventado un debate entre defensores de las dos concepciones del mundo. Para añadir convicción apasionada, he hecho asimismo que el trascendentalista sea un teísta y el empirista un escéptico. Y para ser lo más justo como sea posible, he sacado sus argumentos de las fuentes de la teología y la filosofía más ajustadamente razonadas de las que tengo noticia.

## EL TRASCENDENTALISTA

«Antes de empezar con la ética, permíteme afirmar la lógica del teísmo, porque si se admite la existencia de un Dios que da la ley, se establece de inmediato el origen de la ética. De modo que considera atentamente el siguiente razonamiento en favor del teísmo.

»Desafío tu rechazo del teísmo sobre la base de tu mismo empirismo. ¿Cómo puedes esperar refutar la existencia de un Dios personal? ¿Cómo puedes echar por la borda los tres mil años de testimonio espiritual que han dado los seguidores del judaísmo, el cristianismo y el islamismo? Cientos de millones de personas, incluyendo un gran porcentaje de los ciudadanos cultos de los países industrializados, *saben* que existe un poder consciente que guía sus vidas. El testimonio es abrumador. Según encuestas recientes, nueve de cada diez norteamericanos creen en un Dios personal que puede contestar a sus oraciones y realizar milagros. Uno de cada cinco ha experimentado su presencia y su guía al menos una vez durante el año anterior a la encuesta. ¿Cómo puede la ciencia, la disciplina que suscribe el empirismo ético, rechazar un testimonio tan amplio?

»El núcleo del método científico, se nos recuerda constantemente, es el rechazo de determinadas proposiciones en favor de otras que se ajustan estrictamente a la lógica basada en hechos. ¿Dónde están los hechos que requieren el rechazo de un Dios personal? No hay bastante con decir que la idea es innecesaria para explicar el mundo físico, al menos tal como los científicos lo entienden. Hay demasiado en juego para que el teísmo sea rechazado con este gesto de la mano. Eres tú quien ha de cargar con el peso de las pruebas, no los que creen en una presencia divina.

»Si se observa con la perspectiva adecuada, Dios incluye la ciencia, no es la ciencia la que incluye a Dios. Los científicos obtienen datos sobre determinados temas y construyen hipótesis que los expliquen. Con el fin de extender el alcance del conocimiento objetivo tan lejos como puedan, aceptan provisionalmente algunas hipótesis al tiempo que rechazan otras. Sin embargo, dicho conocimiento solo puede abarcar una parte de la realidad. La investigación científica, en particular, no está diseñada para explorar todas las maravillosas variedades de la experiencia mental

humana. La idea de Dios, en cambio, tiene la capacidad de explicarlo *todo*, no solo los fenómenos medibles, sino los fenómenos que se sienten personalmente y que se notan de manera subliminal, incluyendo las revelaciones que solo pueden comunicarse a través de los canales espirituales. ¿Por qué habría de ser visible toda la experiencia mental en los rastreos de TEP? A diferencia de la ciencia, la idea de Dios se preocupa de algo más que el mundo material que se nos ha dado para explorar. Abre nuestra mente a lo que se encuentra fuera de dicho mundo. Nos instruye para alcanzar los misterios que solo son comprensibles mediante la fe.

»Confina tus pensamientos al mundo material, si quieres. Otros saben que Dios incluye las causas últimas de la Creación. ¿De dónde proceden las leyes de la naturaleza si no es de un poder superior a estas mismas leyes? La ciencia no ofrece respuesta alguna a esta cuestión soberana de la teología. Dicho de otro modo, ¿por qué existe algo en lugar de nada? El significado último de la existencia se encuentra más allá de la comprensión de los seres humanos, y por lo tanto fuera del ámbito de la ciencia.

»¿También eres un pragmático? Hay una razón práctica y urgente para creer que los preceptos éticos han sido ordenados por un ser supremo. Negar un tal origen, suponer que los códigos morales han sido hechos exclusivamente por los hombres, es un credo peligroso. Como observó el Gran Inquisidor de Dostoyevsky, cuando no existe la mano prevaleciente de Dios todo está permitido y la libertad se transforma en miseria. En apoyo de dicha advertencia tenemos nada menos que la autoridad de los propios pensadores originales de la Ilustración. Prácticamente todos creían en un Dios que creó el universo, y muchos eran cristianos devotos para colmo. Casi ninguno estaba dispuesto a abandonar la ética al materialismo profano. John Locke dijo que “los que niegan la existencia de Dios no han de ser tolerados en absoluto. Promesas, pactos y juramentos, que son los lazos de la sociedad humana, no pueden tener influencia ni santidad para un ateo; porque eliminar a Dios, aunque solo sea del pensamiento, lo disuelve todo”. Robert Hooke, un gran físico del siglo XVII, al componer un memorial sobre la Sociedad Real recientemente creada, avisaba prudentemente de que el objetivo de esta organización quintaesencial de la Ilustración tenía que ser “Mejorar el conocimiento de las cosas naturales, y todas las artes útiles, manufacturas, prácticas mecánicas, motores e inventos mediante experimentos… (sin inmiscuirse con la Divinidad, la metafísica, la moral, la política, la gramática, la retórica o la lógica)”.

»Estos sentimientos son igualmente prevalentes entre los principales pensadores de la era moderna, así como en una gran minoría de científicos en activo. Se ven reforzados por la dificultad de la idea de evolución orgánica tal como Darwin la abrazó. Este sillar del empirismo da por sentada la reducción de la Creación a los productos de las mutaciones aleatorias y de la circunstancia ambiental. Incluso George Bernard Shaw, ateo declarado, respondía con desesperación al darwinismo. Condenó su fatalismo y la degradación de la belleza, la inteligencia, el honor y la

aspiración hasta una noción abstracta de materia ciegamente ensamblada. Muchos escritores han sugerido, y en mi opinión no injustamente, que una visión tan estéril de la vida, que reduce los seres humanos a poco más que animales inteligentes, dio justificación intelectual a los horrores genocidas del nazismo y el comunismo.

»De modo que es seguro que hay algo erróneo en la teoría imperante de la evolución. Incluso si dentro de las especies tiene lugar alguna forma de cambio genético, como proclama el nuevo darwinismo, la completa y estupenda complejidad de los organismos modernos no puede haber sido creada únicamente por el ciego azar. Una y otra vez en la historia de la ciencia, nuevos indicios han desbancado las teorías en boga. ¿Por qué están tan ansiosos los científicos por mantenerse junto a la evolución autónoma y descartar en cambio la posibilidad de un designio inteligente[42]? Es muy curioso. El designio parece una explicación más sencilla que el autoensamblaje aleatorio de millones de especies de organismos.

»Finalmente, el teísmo gana una fuerza apremiante en el caso de la mente humana y (no rehuyo decirlo) de la mente inmortal. No es extraño que una cuarta parte o más de norteamericanos rechacen totalmente la idea de cualquier tipo de evolución humana, incluso en anatomía y fisiología. Llevada demasiado lejos, la ciencia es arrogante. Pongámosla en el lugar que le corresponde, como el regalo dado por Dios para comprender su reino físico».

### EL EMPIRISTA

«Comenzaré reconociendo libremente que la religión tiene una atracción abrumadora para la mente humana, y que la convicción religiosa es en gran parte benéfica. La religión surge de los recovecos más recónditos del espíritu humano. Alimenta el amor, la devoción y, por encima de todo, la esperanza. La gente anhela la seguridad que ofrece. Apenas puedo pensar en nada más apremiante desde el punto de vista emocional que la doctrina cristiana que dice que Dios se encarnó en testimonio de lo sagrado de toda la vida humana, incluso del esclavo, y que murió y resucitó con la promesa de vida eterna para todos.

»Pero la creencia religiosa tiene otra cara, destructora, que iguala los peores excesos del materialismo. En la historia ha existido un número estimado de cien mil sistemas de creencia, y muchos de ellos han fomentado las guerras étnicas y tribales. Cada una de las tres grandes religiones occidentales, en particular, se expandió en un momento u otro en simbiosis con la agresión militar. El islamismo (*islam* significa ‘sumisión’) fue impuesto por la fuerza de las armas a grandes extensiones de Oriente Medio, el perímetro mediterráneo y Asia meridional. El cristianismo dominó el Nuevo Mundo tanto mediante expansión colonial como por la gracia espiritual. Se aprovechó de un accidente histórico: Europa, que se había visto bloqueada hacia oriente por los árabes musulmanes, se volvió hacia occidente para ocupar las Américas, con lo que la cruz acompañó a la espada en una campaña tras otra de

esclavitud y genocidio.

»Los gobernantes cristianos tenían un instructivo ejemplo para seguir en la historia temprana del judaísmo. Si hemos de creer al Viejo Testamento, Dios ordenó a los israelitas que limpiaran de paganos la tierra prometida. “Pero en las ciudades de las gentes que Yahvé, tu Dios, te da por heredad, no dejarás con vida nada de cuanto respira; darás el anatema a estos pueblos, a los jeteos, amorreos, cananeos, fereceos, jeveos y jebuseos, como Yahvé, tu Dios, te lo ha mandado”, según relata el Deuteronomio 20:16-17. Cerca de cien ciudades fueron consumidas por el fuego y la muerte, empezando por la campaña de Josué contra Jericó y terminando con el asalto de David a la antigua plaza fuerte jebusea de Jerusalén.

»Aporto estos datos históricos no para verter calumnias sobre las creencias de la actualidad, sino más bien para iluminar sus orígenes materiales y los de los sistemas éticos que propician. Todas las grandes civilizaciones se extendieron mediante conquista, y entre sus principales beneficiarios se contaban las religiones que las validaron. No hay duda de que la pertenencia a religiones auspiciadas por el Estado ha sido siempre muy satisfactoria en muchas dimensiones psicológicas, y la sabiduría espiritual ha evolucionado para moderar los lemas más bárbaros que se obedecían en los días de conquista. Pero en la actualidad toda religión importante es una ganadora en la lucha darwiniana que se traba entre culturas, y ninguna de ellas floreció tolerando a sus rivales. El camino más rápido hacia el éxito ha sido siempre el patronazgo por parte de un Estado conquistador.

»Para ser franco, permíteme que ahora plantee directamente el tema de la causa y el efecto. La exclusión y el fanatismo religiosos surgen del tribalismo, la creencia en la superioridad innata y la categoría especial de los que pertenecen al grupo. El tribalismo no puede achacarse a la religión. La misma secuencia causal dio origen a las ideologías totalitarias. El *corpus mysticum* pagano del nazismo y la doctrina de lucha de clases del marxismo-leninismo, ambos esencialmente dogmas de religiones sin Dios, fueron puestos al servicio del tribalismo, y no al revés. Ninguno de los dos hubiera sido adoptado de manera tan ferviente si sus devotos no hubieran pensado que eran gentes elegidas, virtuosas en su misión, rodeadas de enemigos malvados, y conquistadoras por derecho de sangre y de destino. Mary Wollstonecraft dijo correctamente, en referencia a la dominación del varón, pero extensible a todo el comportamiento humano: “Ningún hombre elige el mal por que es malo; solo lo confunde con la felicidad, que es el bien que busca”.

»La conquista por parte de una tribu exige que sus miembros hagan sacrificios a los intereses del grupo, especialmente durante el conflicto con los grupos en competencia. Esto es simplemente la expresión de una norma básica de la vida social en todo el reino animal. Surge cuando la pérdida de ventajas personales por la sumisión a las necesidades del grupo se ve más que compensada por la ganancia en ventaja personal debido al éxito resultante del grupo. El corolario humano es que las personas egoístas y prósperas pertenecientes a religiones e ideologías perdedoras son

sustituidas por miembros abnegados y pobres de las religiones e ideologías triunfantes. Una vida mejor más adelante, ya sea en un paraíso terrenal o la resurrección en el cielo, es la recompensa prometida que las culturas inventan para justificar el imperativo subordinado de la existencia social. Repetida de una generación a la siguiente, la sumisión al grupo y a sus códigos morales se solidifica en la doctrina oficial y en el credo personal. Pero no está ordenada por Dios ni se arranca del aire como una verdad autoevidente. Evoluciona como un dispositivo necesario de supervivencia en los organismos sociales.

»La más peligrosa de las devociones, en mi opinión, es aquella endémica del cristianismo: “No nací para ser de este mundo”. Con una segunda vida que espera, el sufrimiento puede soportarse… especialmente en otras personas. Puede agotarse el ambiente natural. Los enemigos de la fe pueden ser furiosamente atacados y loado el martirio suicida.

»¿Es todo una ilusión? Bueno, dudo en llamarlo así o, peor, una mentira piadosa, la frase cruel que a veces utilizan los escépticos, pero hay que admitir que la evidencia objetiva que lo sustenta no es fuerte. No existen pruebas estadísticas de que la oración reduzca la enfermedad ni la mortalidad, excepto quizá a través de una mejoría psicogénica del sistema inmune; si fuera de otro modo, todo el mundo estaría rezando continuamente. Cuando dos ejércitos bendecidos por sacerdotes entablan batalla, sigue habiendo uno que pierde. Y cuando el prosencéfalo virtuoso del mártir explota por la bala del ejecutor y su mente se desintegra, ¿qué ocurre entonces? ¿Podemos suponer con seguridad que todos estos millones de circuitos neurales se reconstituirán en un estado inmaterial, de manera que la mente consciente siga funcionando?

»La bonificación en escatología es la apuesta de Blaise Pascal: vive bien pero acepta la fe. Si hay una vida después de la muerte, razonaba el filósofo francés del siglo XVII, el creyente posee un billete al paraíso y lo mejor de ambos mundos. “Si pierdo —escribía Pascal—, habré perdido poca cosa; si gano habré ganado la vida eterna”. Piensa por un momento como un empirista. Considera la prudencia de dar la vuelta a la apuesta como sigue: si el miedo, la esperanza y la razón dictan que tienes que aceptar la fe, hazlo, pero trata este mundo como si no hubiera ningún otro.

»Sé que los verdaderos creyentes se escandalizarán por esta línea de argumentación. Su ira cae sobre los herejes declarados, que son considerados en el mejor de los casos alborotadores y, en el peor, traidores del orden social. Pero no se ha aducido ninguna evidencia de que los no creyentes sean ciudadanos menos observantes de las leyes o productivos que los creyentes de la misma clase socioeconómica, o que se enfrenten con menos valor a la muerte. Un estudio de 1996 de los científicos norteamericanos (para tomar un segmento respetable de la sociedad) revelaba que el 46% son ateos y el 14% incrédulos o agnósticos. Solo el 36% expresaba un deseo de inmortalidad, y la mayoría de ellos solo de forma moderada; el 64% no manifestaba ningún deseo en absoluto.

»El verdadero carácter surge de un pozo más profundo que la religión. Es la internalización de los principios morales de una sociedad, aumentados por aquellos dogmas escogidos personalmente por el individuo, lo suficientemente fuertes para resistir las pruebas de la soledad y la adversidad. Los principios encajan entre sí en lo que denominamos integridad, literalmente el yo integrado, por la que las decisiones personales se sienten buenas y verdaderas. El carácter es a su vez la fuente duradera de la virtud. Cumple por sí mismo y excita la admiración de los demás. No es obediencia a la autoridad, y aunque a veces es consistente con la creencia religiosa y es reforzado por ella, no es piedad.

»Ni la ciencia es la enemiga. Se trata de la acumulación del saber objetivo y organizado de la humanidad, el primer instrumento diseñado capaz de unir a las personas de cualquier parte en una comprensión común. No favorece a ninguna tribu ni religión. Es la base de una cultura verdaderamente democrática y global.

»Dices que la ciencia no puede explicar los fenómenos espirituales. ¿Por qué no? Las ciencias del cerebro están realizando importantes avances en el análisis de las complejas operaciones de la mente. No existe razón aparente por la que, a su debido tiempo, no puedan proporcionar una explicación material de las emociones y del raciocinio que componen el pensamiento espiritual.

»Preguntas de dónde proceden los preceptos éticos si no es de la revelación divina. Considera la hipótesis empirista alternativa, que los preceptos y la fe religiosa son productos completamente materiales de la mente. Durante más de mil generaciones han aumentado la supervivencia y el éxito reproductor de los que se adaptaron a la fe de la tribu. Ha habido tiempo más que suficiente para que evolucionaran reglas epigenéticas (sesgos hereditarios del desarrollo mental) que generan sentimientos morales y religiosos. La adoctrinabilidad se convirtió en un instinto.

»Los códigos éticos son preceptos a los que se llega por consenso bajo la guía de reglas innatas de desarrollo mental. La religión es el conjunto de narraciones míticas que explican el origen de un pueblo, su destino y la razón por la que sus individuos están obligados a suscribir determinados rituales y códigos morales. Las creencias éticas y religiosas se crean de abajo arriba, de la gente a su cultura. No proceden de arriba abajo, de Dios u otro origen no material al pueblo a través de la cultura.

»¿Qué hipótesis, la trascendentalista o la empirista, encaja mejor con la evidencia objetiva? La empirista, por un margen muy amplio. En la medida en que esta concepción sea aceptada, en la elección social se pondrá más énfasis en el raciocinio moral y menos en la autoridad religiosa e ideológica.

»En realidad, un cambio de este tipo ya viene dándose en las culturas occidentales desde la Ilustración, pero el ritmo ha sido muy lento. Parte de la razón radica en una enorme insuficiencia del conocimiento que se precisa para juzgar las consecuencias completas de nuestras decisiones morales, en especial para el largo plazo, por ejemplo una década o más. Hemos aprendido mucho sobre nosotros y el mundo en

que vivimos, pero necesitamos muchísimo más para ser completamente sabios. Existe la tentación en cada gran crisis a rendirse a la autoridad trascendental, y quizá ello sea bueno durante un tiempo. Todavía somos adoctrinables, todavía nos impresionan fácilmente los dioses.

»La resistencia al empirismo se debe asimismo a un defecto puramente emocional del modo de razonamiento que promueve: es incruento. La gente necesita algo más que la razón. Necesitan la poesía de la afirmación, anhelan una autoridad superior a ellos en ritos de paso y otros momentos de gran seriedad. Una mayoría desea desesperadamente la inmortalidad que los rituales parecen subrayar.

»Las grandes ceremonias evocan la historia de un pueblo en solemne remembranza. Son el aparador de los símbolos sagrados. Tal es el valor perdurable de la ceremonia, que en todas las civilizaciones superiores ha asumido históricamente una forma principalmente religiosa. Los símbolos sagrados se infiltran en los huesos mismos de la cultura. Tomará siglos sustituirlos, si es que se consigue alguna vez.

»De modo que puedo sorprenderte admitiendo lo que sigue: sería un día triste si abandonáramos nuestras tradiciones sacras veneradas. Sería una equivocación trágica de la historia si elimináramos “por Dios” del juramento de fidelidad norteamericano. Ya se trate de ateos o de verdaderos creyentes, sigamos tomando juramento con la mano sobre la Biblia, y que podamos continuar oyendo “Que Dios me ayude”. Dejemos que sacerdotes, ministros y rabinos bendigan las ceremonias civiles con sus oraciones y, en todo caso, inclinemos nuestra cabeza en respeto comunal. Reconozcamos que cuando los introitos y las invocaciones nos hacen sentir picazón en la piel es que estamos en presencia de la poesía, y el alma de la tribu, algo que sobrevivirá a las particularidades de los credos sectarios, y quizá a la creencia en el mismo Dios.

»Pero compartir la reverencia no es renunciar al precioso yo y oscurecer la verdadera naturaleza de la raza humana. No hemos de olvidar quiénes somos. Nuestra fuerza está en la verdad, en el conocimiento y en el carácter, bajo cualquier signo. Las Sagradas Escrituras dicen a los judeocristianos que el orgullo va antes que la destrucción. No estoy de acuerdo; es al revés: la destrucción va antes que el orgullo. El empirismo ha dado la vuelta a la fórmula. Ha destruido la frívola teoría de que somos seres especiales situados por una deidad en el centro del universo con el fin de servir como cúspide de la Creación para la gloria de los dioses. Podemos estar orgullosos como especie porque, habiendo descubierto que estamos solos, debemos muy poco a los dioses. Es mejor demostrar la humildad a nuestros camaradas humanos y al resto de la vida en este planeta, de la que depende realmente toda esperanza. Y si algunos dioses están prestando atención, seguramente hemos ganado su admiración al hacer tal descubrimiento y al disponernos a conseguir solos lo mejor de que somos capaces».

El razonamiento del empirista, tal como he confesado anteriormente, es el mío. Está

lejos de ser nuevo, pues sus raíces se remontan a la *Ética Nicomaquea* de Aristóteles y, en el inicio de la era moderna, al *Tratado de la naturaleza humana* (1739-1740) de David Hume. La primera elaboración evolutiva clara del mismo fue la que hizo Darwin en *El origen del hombre* (1871).

El razonamiento del trascendentalista religioso, en cambio, es el que aprendí primero como niño en la fe cristiana. Desde entonces he reflexionado repetidamente sobre él, y por intelecto y temperamento me siento inclinado a respetar sus antiguas tradiciones.

Es también el caso que el trascendentalismo religioso es reforzado por el trascendentalismo profano, con el que tiene semejanzas fundamentales. Immanuel Kant, a quien la historia ha considerado el mayor de los filósofos profanos, abordó en gran medida el raciocinio moral como lo habría hecho un teólogo. Los seres humanos, razonaba, son agentes morales independientes con un albedrío completamente libre, capaz de obedecer o transgredir la ley moral: «Existe en el hombre un poder de autodeterminación, independiente de cualquier coerción mediante impulsos de los sentidos». Nuestras mentes están sujetas a un imperativo categórico, decía, de lo que nuestras acciones debieran ser. El imperativo es un bien en sí mismo, aparte de todas las demás consideraciones, y puede ser reconocido por la siguiente regla: «Actúa solo según la máxima que deseas se convierta en una ley universal». Lo más importante, y trascendental, *debe* no tiene lugar en la naturaleza. La naturaleza, decía Kant, es un sistema de causa y efecto, mientras que la elección moral es un asunto de libre albedrío, para el cual no existe causa y efecto. Al hacer elecciones morales, al elevarse por encima del mero instinto, los seres humanos trascienden el reino de la naturaleza y penetran en un reino de libertad que les pertenece exclusivamente como criaturas racionales.

Ahora bien, esta formulación da una sensación de comodidad, pero no tiene el más mínimo sentido en términos de entidades materiales o imaginables, que es la razón por la que Kant, incluso sin tener en cuenta su torturada prosa, es tan difícil de entender. A veces un concepto es desconcertante no porque sea profundo, sino porque es erróneo. No se ajusta, ahora lo sabemos, a la evidencia de cómo funciona el cerebro.

En los *Principia Ethica* (1902), G. E. Moore, el fundador de la moderna filosofía ética, estaba de acuerdo esencialmente con Kant. En su opinión, el raciocinio moral no puede profundizar en la psicología y las ciencias sociales con el fin de localizar principios éticos, porque solo producen una imagen causal y no consiguen iluminar la base de la justificación moral. De manera que, al pasar del objetivo *es* al normativo *debe*, se comete un error de lógica básico, que Moore denominó la falacia naturalista. John Rawls, en *Teoría de la justicia* (1971), recorre de nuevo el camino trascendente. Ofrece la premisa muy plausible de que la justicia sea definida como equidad, que hay que aceptar como un bien intrínseco. Es el imperativo que seguiríamos si no tuviéramos información de partida sobre nuestro propio lugar en la vida. Pero al

hacer tal suposición, Rawls no aventuró ningún pensamiento sobre el lugar de procedencia del cerebro o sobre su manera de funcionar. No ofreció ninguna prueba de que la justicia en cuanto equidad es consistente con la naturaleza humana, y por lo tanto es practicable como una premisa universal. Probablemente lo sea, pero ¿cómo podemos saberlo excepto mediante prueba ciega y error?

Me resulta difícil creer que si Kant, Moore y Rawls hubieran conocido la biología moderna y la psicología experimental hubieran razonado tal como lo hicieron. Pero, a punto de acabarse el siglo, el trascendentalismo sigue firme en los corazones no solo de los creyentes religiosos, sino también de innumerables intelectuales de las ciencias sociales y de las humanidades, quienes, como Moore y Rawls antes que ellos, han preferido aislar su pensamiento de las ciencias naturales.

Muchos filósofos responderán diciendo: pero ¡espera! ¿Qué estás diciendo? Los eticistas no necesitan este tipo de información. No puedes pasar realmente de *es* a *debe*. No te está permitido describir una predisposición genética y suponer que, porque es parte de la naturaleza humana, se ha transformado de alguna manera en un precepto ético. Debemos colocar el raciocinio moral en una categoría especial y utilizar las pautas trascendentales como se requiere.

No, no tenemos por qué poner el raciocinio moral en una categoría especial y utilizar premisas trascendentales, porque el planteamiento de la falacia naturalista es en sí mismo una falacia. Porque si *debe* no es *es*, ¿qué es? Traducir *es* en *debe* tiene sentido si nos atenemos al significado objetivo de los preceptos éticos. Es muy improbable que sean mensajes etéreos fuera de la humanidad a la espera de la revelación, o verdades independientes que vibren en una dimensión inmaterial de la mente. Es más probable que sean productos físicos del cerebro y de la cultura. Desde la perspectiva consiliente de las ciencias naturales, no son más que principios del contrato social solidificados en reglas y preceptos, los códigos de comportamiento que los miembros de una sociedad desean fervientemente que otros sigan y que ellos mismos están dispuestos a aceptar para el bien común. Los preceptos son el extremo en una escala de acuerdos que van desde el asentimiento casual hasta el sentimiento público y la ley y aquella parte del canon considerada inalterable y sagrada. La escala aplicada al adulterio podría rezar como sigue:

No vayamos más allá; no está bien, y puede acarrear problemas. (Probablemente no debiéramos).

El adulterio no solo produce sentimientos de culpabilidad, sino que por lo general es censurado por la sociedad, de modo que estas son otras razones para evitarlo. (No debemos).

El adulterio no solo es censurado, va contra la ley. (Casi con toda seguridad no debemos).

Dios ordena que evitemos este pecado capital. (Absolutamente, no debemos).

En el pensamiento trascendente la cadena de causación desciende desde el pretendido *debe* en la religión o la ley natural, a través de la jurisprudencia hasta la

educación y finalmente a la elección individual. La argumentación desde el trascendentalismo toma la siguiente forma general: «Existe un principio supremo, ya sea divino o intrínseco al orden de la naturaleza, y seremos prudentes si aprendemos de él y encontramos los medios para ajustarnos a él». Así, John Rawls comienza *Teoría de la justicia* con una proposición que considera irrevocable: «En una sociedad justa las libertades de igual ciudadanía se dan por sentadas; los derechos asegurados por la justicia no están sujetos al regateo político o al cálculo de los intereses sociales». Como muchos críticos han demostrado, tal premisa puede conducir a muchas consecuencias infelices cuando se aplica al mundo real, incluyendo el estrechamiento del control social y la reducción de la iniciativa personal. Por ello, Robert Nozick sugiere una premisa muy distinta en *Anarchy, State, and Utopia* (1974): «Los individuos tienen derechos, y hay cosas que ninguna persona ni grupo puede hacerles (sin violar sus derechos): dichos derechos son tan fuertes y de tan largo alcance que plantean la cuestión de qué es lo que el Estado y sus funcionarios puede hacer, si es que pueden hacer algo». Rawls nos orientaría hacia el igualitarismo regulado por el Estado, Nozick hacia el liberalismo en un estado minimalista.

En cambio, el punto de vista empirista, que busca un origen del raciocinio ético que pueda ser estudiado objetivamente, invierte la cadena de causación. El individuo se interpreta como biológicamente predispuesto a tomar determinadas opciones. Por evolución cultural algunas de dichas opciones se solidifican en preceptos, después leyes, y si la predisposición o la coerción es lo suficientemente fuerte, en una creencia en el mandamiento de Dios o en el orden natural del universo. El principio empirista general toma la siguiente forma: «El fuerte sentimiento innato y la experiencia histórica hace que determinadas acciones sean preferidas; las hemos experimentado, y hemos sopesado sus consecuencias, y estamos de acuerdo en adaptarnos a los códigos que las expresan. Hagamos un juramento sobre los códigos, invirtamos nuestro honor personal en ellos y suframos castigo por su violación». El punto de vista empirista admite que se diseñan códigos morales para ajustarse a algunos impulsos de la naturaleza humana y para suprimir otros. *Debe* no es la traducción de la naturaleza humana, sino de la voluntad pública, que puede hacerse cada vez más sabia y estable a través de las necesidades y trampas de la naturaleza humana. Reconoce que la fuerza del compromiso puede desvanecerse como resultado de nuevo conocimiento y experiencia, con el resultado de que determinadas normas pueden ser desacralizadas, viejas leyes derogadas y comportamiento que antes estaba prohibido, liberado. También reconoce que por la misma razón puede ser necesario diseñar nuevos códigos morales, que tienen el potencial de, con el tiempo, devenir sagrados.

Si la visión empirista del mundo es correcta, *debe* es solo la taquigrafía de un tipo de afirmación objetiva, una palabra que denota lo que la sociedad eligió hacer (o fue

obligada) primero y que después se codificó. La falacia naturalista se reduce con ello al dilema naturalista. La solución del dilema no es difícil. Es esta: *debe* es el producto de un proceso material. La solución señala el camino a una comprensión objetiva del origen de la ética.

Unos cuantos investigadores se hallan ahora embarcados en una indagación fundacional de este mismo tipo. La mayoría está de acuerdo en que los códigos éticos han surgido por evolución a través de la interacción de la biología y la cultura. En un cierto sentido, están reviviendo la idea de los sentimientos morales que desarrollaron en el siglo XVIII los empiristas ingleses Francis Hutcheson, David Hume y Adam Smith.

Los sentimientos morales son ahora instintos morales, tal como los definen las modernas ciencias del comportamiento, sujetos a juicio según sus consecuencias. Así, los sentimientos derivan de reglas epigenéticas, sesgos hereditarios en el desarrollo mental, por lo general condicionados por la emoción, que influyen sobre los conceptos y las decisiones que se hacen a partir de ellos. El origen primario de los instintos morales es la relación dinámica entre la cooperación y la deserción. El ingrediente esencial para el modelado de los instintos durante la evolución genética en cualquier especie es la inteligencia lo suficientemente elevada para juzgar y manipular la tensión generada por el dinamismo. Este nivel de inteligencia permite la construcción de escenarios mentales complejos a mucha distancia en el futuro, como describí en el capítulo anterior sobre la mente. Solo tiene lugar, hasta donde se sabe, en los seres humanos, y quizá en sus parientes más próximos entre los simios superiores.

Una manera de imaginar los primeros estadios hipotéticos de la evolución moral la proporciona la teoría de juegos, en particular las soluciones al famoso Dilema del prisionero. Considérese el siguiente escenario típico del dilema. Dos miembros de una banda han sido arrestados por asesinato y son interrogados por separado. Las pruebas contra ellos son fuertes pero no abrumadoras. El primer miembro de la banda cree que si se convierte en testimonio del Estado se le concederá inmunidad y a su colega se le condenará a cadena perpetua. Pero también es consciente de que su colega tiene la misma opción. Tal es el dilema. ¿Cederán de manera independiente los dos miembros de la banda, de modo que ambos recibirán el máximo castigo? No, porque previamente se habían puesto de acuerdo en permanecer en silencio si eran capturados. Al hacerlo así, ambos esperan obtener un cargo menor o librarse completamente del castigo. Las bandas criminales han convertido este principio de cálculo en un precepto ético: nunca delates a otro miembro; sé siempre un tío recto. El honor existe, realmente, entre ladrones. Si consideramos que la banda es algo parecido a una sociedad, el código es el mismo que el de un soldado cautivo en tiempo de guerra, obligado a dar solo nombre, rango y número de serie.

De una forma u otra, dilemas comparables que son solubles por cooperación tienen lugar constantemente y en todas partes en la vida diaria. La recompensa es

variada: dinero, categoría, poder, sexo, acceso, comodidad y salud. La mayoría de estas recompensas inmediatas se convierten en la cuenta de resultados universal de la eficacia genética darwiniana: mayor longevidad y una familia segura y en aumento.

Y así es probable que haya sido siempre. Imagínese una cuadrilla de cazadores del paleolítico, formada por ejemplo por cinco hombres. Un cazador considera separarse de los demás para buscar un antílope por su cuenta. Si tiene suerte, obtendrá una gran cantidad de carne y pieles, cinco veces mayor que si permanece con la cuadrilla y tienen suerte. Pero sabe por experiencia que, solo, sus posibilidades de éxito son muy bajas, mucho menores que las de una cuadrilla de cinco que trabajan conjuntamente. Además, tenga o no tenga éxito, sufrirá la animosidad de los demás por haber reducido sus propias posibilidades. Por hábito los miembros de la cuadrilla permanecen juntos y comparten de manera equitativa los animales que matan. De modo que el cazador se queda. También manifiesta buenos modales al hacerlo, especialmente si es él el que mata la presa. El orgullo jactancioso es condenado porque rompe la delicada red de reciprocidad.

Ahora supóngase que la propensión humana a cooperar o a abandonar es heredable: algunos miembros son de manera innata más cooperativos, y otros lo son menos. A este respecto, la aptitud moral sería simplemente como casi todos los demás rasgos mentales estudiados hasta la fecha. Entre los rasgos con heredabilidad documentada, los más cercanos a la aptitud moral son la empatía ante las desgracias de los demás y determinados procesos de establecimiento de lazos entre niños y sus cuidadores. A la heredabilidad de la aptitud moral añádase la abundante evidencia de la historia de que los individuos que son cooperativos suelen sobrevivir más tiempo y dejar más descendientes. Es de esperar que en el decurso de la historia evolutiva, los genes que predisponen a las personas al comportamiento cooperativo habrán terminado por predominar en la población humana en su conjunto.

Un tal proceso, repetido a través de miles de generaciones, dio origen de forma inevitable a sentimientos morales. Con excepción de los psicópatas empedernidos (si es que existe realmente alguno), estos instintos son experimentados intensamente por cada persona de varias maneras: como consciencia, autorrespeto, remordimiento, empatía, vergüenza, humildad y afrenta moral. Sesgan la evolución cultural hacia las convenciones que expresan los códigos morales universales del honor, el patriotismo, el altruismo, la justicia, la compasión, la clemencia y la redención.

El lado oscuro de la propensión innata al comportamiento moral es la xenofobia. Puesto que la familiaridad personal y el interés común son vitales en las transacciones sociales, los sentimientos morales evolucionaron para ser selectivos. Y así fue siempre, y así será siempre. Las personas depositan con esfuerzo su confianza en los extraños, y la verdadera compasión es un artículo del que suele haber pocas existencias. Las tribus solo cooperan mediante tratados y otras convenciones cuidadosamente definidos. Les es fácil imaginarse víctimas de conspiraciones por parte de grupos competidores, y están prontas a deshumanizar y a matar a sus rivales

durante períodos de conflicto grave. Fundamentan las lealtades a su propio grupo mediante símbolos y ceremonias sagrados. Sus mitologías están llenas de victorias épicas sobre enemigos amenazadores.

Los instintos complementarios de moralidad y tribalismo son fáciles de manipular. Y la civilización todavía ha facilitado más las cosas. Hace solo diez mil años, un instante en el tiempo geológico, cuando la revolución agrícola empezó en Oriente Medio, en China y en Mesoamérica, las poblaciones aumentaron diez veces en densidad en relación con las de las sociedades de cazadores-recolectores. Las familias se instalaron en pequeñas parcelas de terreno, proliferaron las aldeas y el trabajo se dividió de manera precisa a medida que una creciente minoría de la plebe se especializó como artesanos, comerciantes y soldados. Las pujantes sociedades agrícolas, al principio igualitarias, se hicieron jerárquicas. A medida que primero las tribus y después los Estados medraron a base de los excedentes agrícolas, gobernantes hereditarios y castas de sacerdotes tomaron el poder. Los antiguos códigos éticos se transformaron en normativas coercitivas, siempre ventajosas para las clases gobernantes. Por esta época se originó la idea de dioses que otorgan leyes. Sus mandamientos confirieron una autoridad irresistible a los códigos éticos, de nuevo (y sin sorpresa) a favor de los gobernantes.

Debido a la dificultad técnica de analizar tales fenómenos de una manera objetiva, y debido a que, para empezar, las personas se resisten a las explicaciones biológicas de sus funciones de la corteza superior, se han hecho muy pocos avances en la exploración biológica de los sentimientos morales. Aun así, no deja de ser una circunstancia sorprendente que el estudio de la ética haya avanzado tan poco desde el siglo XIX. Como resultado, las cualidades más distintivas y vitales de la especie humana siguen siendo un espacio en blanco en el mapa científico. Creo que es un error hacer girar las discusiones sobre ética alrededor de las suposiciones autoestables de los filósofos contemporáneos, que es evidente que nunca han prestado atención al origen evolutivo y al funcionamiento material del cerebro humano. No hay ningún otro ámbito de las humanidades en el que se necesite de manera más urgente una unión con las ciencias naturales.

Cuando por fin la dimensión ética de la naturaleza humana se abra por entero a tal exploración, probablemente se comprobará que las reglas epigenéticas innatas del raciocinio moral no están agregadas en instintos simples como los lazos familiares, la cooperación o el altruismo. Por el contrario, es probable que las reglas sean un conjunto de muchos algoritmos cuyas actividades entrelazadas guían la mente a través de un paisaje de matices de talantes y opciones.

En principio, puede parecer que un mundo mental preestructurado de este modo es demasiado complicado para haber sido creado solamente por la evolución genética autónoma. Pero todos los indicios de la biología sugieren que exactamente este proceso fue suficiente para generar los millones de especies de seres vivos que nos rodean. Cada tipo de animal es, además, guiado a través de su ciclo biológico por

conjuntos únicos, y a veces complejos, de algoritmos instintuales, algunos de los cuales están empezando a rendirse a los análisis genéticos y neurobiológicos. Con todos estos ejemplos ante nosotros, no es irrazonable llegar a la conclusión de que el comportamiento humano se originó de la misma manera.

Mientras tanto, las mezcolanzas de raciocinio moral que emplean las sociedades modernas son, para simplificar las cosas, un lío. Son quimeras, compuestas de partes diversas pegadas entre sí. Los instintos igualitarios y tribales del paleolítico todavía están firmemente instalados. Como parte del cimiento genético de la naturaleza humana, no pueden ser sustituidos. En algunos casos, como la rápida hostilidad a los extraños y a los grupos competidores, por lo general se han adaptado mal y se han hecho peligrosos de manera persistente. Por encima de los instintos fundamentales se elevan superestructuras de argumentos y normas que acomodan las nuevas instituciones creadas por la evolución cultural. Estos ajustes, que reflejan el intento de mantener el orden y de fomentar los intereses tribales, han sido demasiado volátiles para que la evolución genética les pueda seguir la pista; todavía no están en los genes.

No ha de extrañar, pues, que la ética sea la más contestada públicamente de todas las empresas filosóficas. O que la ciencia política, que en su cimiento es ante todo el estudio de la ética aplicada, sea con tanta frecuencia problemática. Ninguna de las dos está informada por nada que sea reconocible como auténtica teoría en las ciencias naturales. Tanto la ética como la ciencia política carecen de un cimiento de conocimiento verificable suficiente de la naturaleza humana, para producir predicciones de causa y efecto y juicios justos basados en ellas. A buen seguro, será prudente prestar más atención a los manantiales profundos del comportamiento ético. El mayor vacío en el conocimiento en tal empresa es la biología de los sentimientos morales. Creo que, con el tiempo, este asunto se llegará a comprender, si se presta atención a los siguientes temas:

- La definición de los sentimientos morales: primero por descripciones precisas a partir de la psicología experimental, después por análisis de las respuestas neurales y endocrinas subyacentes.
- La genética de los sentimientos morales: que es más fácil abordar mediante medidas de la heredabilidad de los procesos psicológicos y fisiológicos del comportamiento ético y, eventualmente, con dificultad, mediante la identificación de los genes prescriptores.
- El desarrollo de los sentimientos morales como producto de las interacciones entre los genes y el ambiente. La investigación es más efectiva cuando se realiza a dos niveles: las historias de los sistemas éticos como parte del surgimiento de las diferentes culturas, y el desarrollo cognitivo de los individuos que viven en culturas diversas. Tales investigaciones ya están en curso en antropología y

psicología. En el futuro se verán aumentadas por contribuciones procedentes de la biología.
- La historia profunda de los sentimientos morales: en primer lugar por qué existen, presumiblemente por sus contribuciones a la supervivencia y al éxito reproductor durante los largos períodos de tiempo prehistórico en el que evolucionaron genéticamente.

A partir de una convergencia de estos varios enfoques puede llegar a esclarecerse el verdadero origen y el significado del comportamiento ético. Si es así, entonces puede tomarse una medida más segura de los puntos fuertes y de la flexibilidad de las reglas epigenéticas que componen los diversos sentimientos morales. A partir de tal conocimiento, habría de ser posible adaptar más sabiamente los sentimientos morales antiguos a las condiciones rápidamente cambiantes de la vida moderna en la que, queramos o no y en gran parte ignorándolo, nos hemos sumergido.

Entonces, pueden encontrarse nuevas respuestas para las cuestiones verdaderamente importantes del raciocinio moral. ¿Cómo pueden jerarquizarse los principios morales? ¿Cuáles están mejor dominados, y en qué grado, cuáles validados por leyes y símbolos? ¿Cómo pueden dejarse abiertos ciertos preceptos para recurrir a ellos en circunstancias extraordinarias? En la nueva comprensión puede hallarse el medio más efectivo para alcanzar el consenso. Nadie puede adivinar la forma que tomarán los acuerdos. Sin embargo, el proceso puede predecirse con seguridad. Será democrático y debilitará el choque de religiones e ideologías rivales. La historia se está moviendo de manera decisiva en esta dirección, y la gente es, por naturaleza, demasiado brillante y demasiado pendenciera para aceptar ninguna otra cosa. Y puede predecirse con seguridad el ritmo: el cambio vendrá lentamente, a lo largo de generaciones, porque a las viejas creencias les cuesta morir aun cuando se demuestre que son falsas.

El mismo razonamiento que alinea la filosofía ética con la ciencia puede informar asimismo el estudio de la religión. Las religiones son análogas a superorganismos. Tienen un ciclo de vida. Nacen, crecen, compiten, se reproducen y, en la plenitud del tiempo, la mayoría mueren. En cada una de estas fases, las religiones reflejan los organismos humanos que las nutren. Expresan una norma primaria de la existencia humana, que cualquier cosa que sea necesaria para sostener la vida es también, en último término, biológica.

Las religiones que tienen éxito empiezan típicamente como cultos, que después aumentan en poder e inclusividad hasta que consiguen la tolerancia fuera del círculo de creyentes. En el núcleo de cada religión hay un mito de la creación, que explica cómo empezó el mundo y cómo el pueblo elegido (los que suscriben el sistema de creencia) llegó a su centro. Suele haber un misterio, una serie de instrucciones y

fórmulas secretas que solo están disponibles para los hierofantes que se han abierto camino hasta un estado superior de esclarecimiento. La cábala judía medieval, el sistema trigradal de la francmasonería y las entalladuras de los bastones espirituales de los aborígenes australianos son ejemplos de tales arcanos. El poder irradia del centro, reuniendo conversos y ligando a los seguidores al grupo. Se designan lugares sagrados donde se puede importunar a los dioses, se pueden observar ritos y presenciar milagros.

Los devotos de la religión compiten como tribu con los de otras religiones. Toleran mal que sus rivales rechacen sus creencias. Veneran el autosacrificio en defensa de la religión.

Las raíces tribales de la religión y las del raciocinio moral son similares y pueden ser idénticas. Los ritos religiosos, como evidencian las ceremonias de enterramiento, son muy antiguos. En el período paleolítico tardío en Europa y Oriente Medio, parece que a veces los cuerpos eran colocados en tumbas someras espolvoreadas con ocre o flores, y es fácil imaginar ceremonias celebradas allí para invocar a espíritus y dioses. Pero, como sugieren la deducción teórica y la evidencia, los elementos primitivos del comportamiento moral son mucho más antiguos que el ritual del paleolítico. La religión surgió sobre un cimiento ético, y probablemente siempre ha sido usada de una u otra manera para justificar códigos morales.

Sin embargo, la formidable influencia del impulso religioso se basa en mucho más que únicamente la validación de la moralidad. Es un gran río subterráneo de la mente, que acumula fuerzas a partir de una amplia gama de emociones tributarias. La primera de ellas es el instinto de supervivencia. «El miedo —como decía el poeta Lucrecio— fue la primera cosa de la Tierra para hacer dioses». Nuestra mente consciente anhela una existencia permanente. Si no podemos tener una vida eterna del cuerpo, entonces servirá la absorción en algún todo inmortal. *Cualquier cosa* servirá, mientras confiera significado al individuo y se extienda de alguna manera hasta la eternidad este veloz paso de la mente y el espíritu que san Agustín lamentaba como el día corto del tiempo.

La comprensión y el control de la vida es otra fuente de poder religioso. La doctrina bebe en las mismas fuentes creativas que la ciencia y las artes, al ser su finalidad la extracción de orden de los misterios del mundo material. Para explicar el significado de la vida hilvana narraciones míticas de la historia tribal, y puebla el cosmos con espíritus protectores y dioses. La existencia de lo sobrenatural, si se acepta, atestigua la existencia de este otro mundo que se desea de manera tan desesperada.

La religión recibe asimismo un gran poder de su principal aliado, el tribalismo. Los chamanes y los sacerdotes nos imploran, en una sombría cadencia: Confía en los sagrados rituales, conviértete en parte de la fuerza inmortal, eres uno de los nuestros. A medida que tu vida se desenvuelve, cada paso tiene un significado místico que los que te amamos marcaremos con un solemne rito de paso, el último de los cuales se

realizará cuando entres en este segundo mundo, libre de dolor y de miedo.

Si la mitología religiosa no existiera en una cultura, sería rápidamente inventada, y de hecho lo ha sido en todas partes, miles de veces a lo largo de la historia. Una tal inevitabilidad es la marca del comportamiento instintivo en cualquier especie. Es decir, incluso cuando es aprendido, es conducido hacia determinados estados por las reglas guiadas por la emoción del desarrollo mental. Llamar instintiva a la religión no significa suponer que ninguna parte concreta de su mitología sea falsa, solo que sus orígenes son más profundos que los hábitos ordinarios y que en realidad son hereditarios, incitados a nacer a través de sesgos en el desarrollo mental codificado en los genes.

He afirmado en capítulos anteriores que tales sesgos o prejuicios son esperables como una consecuencia usual de la evolución genética del cerebro. La lógica se aplica al comportamiento religioso, con el giro añadido del tribalismo. Existe una ventaja selectiva hereditaria en pertenecer a un grupo poderoso unido por la creencia y el propósito devotos. Aun cuando los individuos se subordinan y se arriesgan a morir por la causa común, es más probable que sus genes se transmitan a la generación siguiente que los de los grupos competidores que carecen de una firmeza equivalente.

Los modelos matemáticos de la genética de poblaciones sugieren la siguiente norma en el origen evolutivo de un tal altruismo. Si la reducción de la supervivencia y la reproducción de los individuos debida a los genes para el altruismo está más que compensada por el aumento en la probabilidad de supervivencia del grupo debido al altruismo, los genes del altruismo aumentarán en frecuencia en toda la población de grupos competidores. Dicho de la forma más concisa posible: el individuo paga, sus genes y la tribu ganan, el altruismo se extiende.

Permítaseme ahora sugerir un significado todavía más profundo de la teoría empirista del origen de la ética y la religión. Si se refuta el empirismo, y se demuestra de manera convincente el trascendentalismo, el descubrimiento sería, simplemente, el que más consecuencias tendría de toda la historia humana. Tal es la carga que recibe la biología cuando se acerca a las humanidades. Si la evidencia objetiva acumulada por la biología demuestra el empirismo, la consiliencia gana en los ámbitos más problemáticos del comportamiento humano y es probable que sea de aplicación a todo. Pero si las pruebas contradicen el empirismo en alguna parte, la consiliencia universal fracasa y la división entre ciencia y humanidades seguirá siendo permanente hasta sus mismos cimientos.

El asunto queda todavía lejos de estar zanjado. Pero el empirismo, como he argumentado, está bien demostrado hasta aquí en el caso de la ética. La evidencia objetiva a favor o en contra en el caso de la religión es más débil, pero al menos sigue siendo consistente con la biología. Por ejemplo, las emociones que acompañan al éxtasis religioso tienen claramente un origen neurobiológico. Al menos un tipo de

trastorno cerebral está asociado con la hiperreligiosidad; en él se da significado cósmico a casi todo, incluidos los acontecimientos triviales cotidianos. En conjunto, es posible imaginar la construcción biológica de una mente con creencias religiosas, aunque esto por sí solo no rechaza el trascendentalismo ni prueba que las propias creencias sean falsas.

Es igualmente importante que gran parte del comportamiento religioso, sino todo, pudo haber surgido de la evolución mediante selección natural. La teoría encaja… *grosso modo*. El comportamiento incluye al menos algunos aspectos de creencia en dioses. La propiciación y el sacrificio, que son características casi universales de la práctica religiosa, son actos de sumisión a un ser dominante. Son una especie de jerarquía de dominancia, que es un rasgo general de las sociedades organizadas de mamíferos. Como los seres humanos, los animales utilizan señales complicadas para advertir y mantener su rango en la jerarquía. Los detalles varían en las distintas especies, pero tienen asimismo semejanzas consistentes sin excepción, como ilustrarán los dos ejemplos siguientes.

En las manadas de lobos, el animal dominante camina erguido y «orgulloso», con las patas enhiestas, a pasos deliberados, con la cabeza, la cola y las orejas levantadas, y mira libremente y de forma indiferente a los demás. En presencia de rivales, el animal dominante eriza su pelaje al tiempo que frunce los labios para enseñar los dientes, y es el primero en escoger comida y espacio. Un subordinado utiliza señales opuestas. Se aparta del individuo dominante al tiempo que baja la cabeza, las orejas y la cola, y mantiene su pelaje liso y los dientes escondidos. Se arrastra y se escabulle, y abandona comida y lugar cuando es retado.

En las tropillas de macacos búnder, el macho alfa de la tropilla es notablemente similar en sus poses a un lobo dominante. Mantiene erguidas cabeza y cola, camina de una manera deliberada, «regia», al tiempo que observa con pose indiferente a los demás. Trepa a los objetos cercanos para mantenerse más alto que sus rivales. Cuando es desafiado mira fijamente a su oponente con la boca abierta (lo que indica agresión, no sorpresa) y a veces golpea el suelo con las palmas abiertas para manifestar su disposición a atacar. El macho o la hembra subordinados adoptan un paso furtivo, mantienen la cabeza y la cola bajas, se apartan del alfa y de los demás individuos de rango superior. Mantienen su boca cerrada excepto para expresar una mueca de miedo, y cuando son amenazados efectúan una retirada humillante. Ceden la comida y el espacio y, en el caso de los machos, las hembras en celo.

Mi idea es la siguiente. Los científicos del comportamiento de otro planeta advertirían de inmediato la semejanza semiótica entre el comportamiento de sumisión de los animales, por un lado, y la obediencia humana a la autoridad religiosa y civil, por el otro. Harían notar que los ritos de obediencia más complejos se dirigen a los dioses, los miembros hiperdominantes e invisibles del grupo humano. Y llegarían a la conclusión, correctamente, de que en comportamiento social básico, no solo en anatomía, el *Homo sapiens* ha divergido muy recientemente en evolución de un

tronco primate no humano.

Incontables estudios de especies animales, con comportamiento instintivo no enmascarado por la complicación cultural, han demostrado que la pertenencia a los órdenes de dominancia compensa en supervivencia y éxito reproductor a lo largo de la vida. Y ello es válido no solo para los individuos dominantes, sino también para los subordinados. La pertenencia a una u otra clase confiere a los animales una mejor protección contra los enemigos y un mejor acceso a la comida, refugio y pareja que la existencia solitaria. Además, la subordinación al grupo no es necesariamente permanente. Los individuos dominantes se debilitan y mueren, y como resultado algunos de los subalternos avanzan en rango y se apropian de más recursos.

Sería sorprendente encontrar que los seres humanos modernos han conseguido borrar los antiguos programas genéticos mamíferos e inventar otros medios de distribuir el poder. Todos los indicios sugieren que no lo han hecho. Fieles a su patrimonio de primates, las personas son fácilmente seducidas por líderes seguros y carismáticos, especialmente varones. Esta predisposición es más fuerte en las organizaciones religiosas. Alrededor de tales líderes se forman cultos. Su poder aumenta si pueden afirmar de forma persuasiva acceso especial a la supremamente dominante figura de Dios, que es típicamente masculina. A medida que los cultos evolucionan hasta convertirse en religiones, la imagen del ser supremo es reforzada por el mito y la liturgia. Con el tiempo, la autoridad de los fundadores y sus sucesores se fija de forma indeleble en textos sagrados. Los subordinados levantiscos, a los que se califica de «blasfemos», son aplastados.

Sin embargo, la mente humana formadora de símbolos nunca queda satisfecha con los burdos sentimientos simiescos en ningún ámbito emocional. Lucha por construir culturas que sean gratificadoras al máximo en cualquier dimensión. En la religión hay ritual y oración para contactar directamente con el ser supremo, consuelo por parte de los correligionarios para suavizar la pena que de otro modo sería insoportable, explicaciones de lo inexplicable, y el sentido oceánico de comunión con el todo más grande que, de otro modo, supera toda comprensión.

La comunión es la clave y la esperanza que surge de ella es eterna; fuera de la noche oscura del alma está la expectativa de un viaje espiritual hacia la luz. Para unos pocos elegidos el viaje puede emprenderse en esta vida. La mente reflexiona de determinadas maneras con el fin de alcanzar niveles incluso superiores de esclarecimiento hasta que finalmente, cuando ya no es posible avanzar más, entra en una unión mística con el todo. En las grandes religiones, este esclarecimiento es expresado por el samadhi del hinduismo, el satori del budismo zen, la fana del sufismo, el wu wei del taoísmo y el renacimiento de Pentecostés en el cristianismo. Algo parecido experimentan los chamanes preletrados cuando alucinan. Es difícil poner en palabras lo que por lo visto todos estos celebrantes sienten (como yo sentí antaño en cierto modo como evangélico renacido), pero Willa Cather se acercó tanto como era posible en una sola frase. «Esto es la felicidad —dice su narrador ficticio en

*Mi Antonia*—, que se disolverá en algo completo y grande».

Desde luego esto es la felicidad, encontrar la deidad, o penetrar en la totalidad de la naturaleza, o de alguna otra manera comprender algo inefable, hermoso, eterno y aferrarse a ello. Hay millones de personas que buscan esto. De otro modo se sienten perdidas, a la deriva en una vida sin significado último. Su apuro se resume en el anuncio de un seguro en el año 1997: «Es el año 1999. Usted se muere. ¿Qué va a hacer ahora?». Abrazan las religiones establecidas, sucumben a los cultos, se dedican a los curalotodos de la Nueva Era. Hacen que *Las nueve revelaciones* y otros intentos disparatados de esclarecimiento del espíritu aparezcan en las listas de libros más vendidos.

Quizá, como creo, todo podrá explicarse eventualmente como circuitería cerebral e historia profunda y genética. Pero no es este un tema que ni siquiera el empirista más empedernido deba presumir de trivializar. La idea de la unión mística es una parte auténtica del espíritu humano. Ha ocupado a la humanidad durante milenios, y plantea cuestiones de la mayor seriedad a la vez para los trascendentalistas y los científicos. ¿Qué ruta, preguntamos, recorrieron, qué destino alcanzaron los místicos de la historia?

Nadie ha descrito el viaje real con mayor claridad que la gran mística española santa Teresa de Jesús, que en su memoria de 1562-1565 describe los pasos que la llevaron a alcanzar la unión divina mediante la oración. Al principio de la narración se mueve más allá de los rezos ordinarios de devoción y súplica hasta el segundo estado, la oración de los silenciosos. Aquí su mente recoge hacia dentro sus facultades con el fin de dar «consentimiento para que la encarcele Dios». Sobre ella desciende un profundo sentimiento de consuelo y paz cuando el Señor le proporciona el «agua de grandes bienes y mercedes». Su mente cesa entonces de preocuparse por las cosas terrenas.

En el tercer estado de la oración, el espíritu de la santa, ebrio de amor, se preocupa solo de pensamientos de Dios, que lo controla y lo anima.

¡Quered ahora, Rey mío, suplícooslo yo, que, pues cuando esto escribo no estoy fuera de esta santa locura celestial […] primitáis que no trate yo con nadie, u ordenad, Señor, cómo no tenga ya cuenta en cosa del mundo u me sacá de él.

En el cuarto estado de oración, santa Teresa de Jesús alcanza la unión mística:

Acá no hay sentir, sino gozar […] Ocúpanse todos los sentidos en este gozo, de manera que no queda ninguno desocupado […] Estando ansí el alma buscando a Dios, siente con un deleite grandísimo y suave casi desfallecer toda con una manera de desmayo que le va faltando el huelgo y todas las fuerzas corporales […] Díjome el Señor estas palabras: «Deshácese toda, hija, para ponerse más en Mí. Ya no es ella la que vive, sino Yo. Como no puede comprender lo que entiende, es no entender entendiendo».

Para muchos, la necesidad de creer en la existencia trascendental y la inmortalidad es abrumadora. El trascendentalismo, en especial cuando está reforzado por la fe

religiosa, es psíquicamente pleno y rico; de alguna manera sienta *bien*. En comparación, el empirismo parece estéril e inadecuado. En la búsqueda del significado último, es mucho más fácil seguir la ruta trascendentalista. Esta es la razón por la que, aunque el empirismo está ganando la mente, el trascendentalismo continúa ganando el corazón. La ciencia siempre ha derrotado al dogma religioso punto por punto cuando los dos han entrado en conflicto. Pero en vano. En Estados Unidos hay quince millones de baptistas sureños, la mayor de las sectas que está a favor de la interpretación literal de la Biblia cristiana, pero solo cinco mil miembros de la Asociación Humanista Americana, la principal organización dedicada al humanismo seglar y deístico.

Aun así, si la historia y la ciencia nos han enseñado algo, es que pasión y deseo no son lo mismo que verdad. La mente humana evolucionó para creer en los dioses. No evolucionó para creer en la biología. La aceptación de lo sobrenatural transmitió una gran ventaja durante la prehistoria, cuando el cerebro estaba evolucionando. De modo que contrasta fuertemente con la biología, que se desarrolló como producto de la edad moderna y no está suscrito por algoritmos genéticos. La incómoda verdad es que las dos creencias no son objetivamente compatibles. Como resultado, los que anhelan a la vez la verdad intelectual y religiosa nunca obtendrán las dos de manera completa.

Mientras tanto, la teología intenta resolver el dilema evolucionando, como la ciencia, hacia la abstracción. Los dioses de nuestros antepasados eran seres humanos divinos. Los egipcios, como señaló Heródoto, los representaban como egipcios (con frecuencia con partes corporales de animales nilóticos), y los griegos los representaban como griegos. La gran contribución de los hebreos fue combinar todo el panteón en una sola persona, Yahvé (un patriarca apropiado para las tribus del desierto), e intelectualizar Su existencia. No se permitieron imágenes esculpidas. En el proceso, hicieron menos tangible la presencia divina. De modo que en los relatos bíblicos llega a ocurrir que nadie, ni siquiera Moisés cuando se acerca a Yahvé en el matorral en llamas, puede mirar Su cara. Con el tiempo, a los judíos se les prohibió incluso pronunciar Su nombre verdadero completo. No obstante, la idea de un Dios teístico, omnisciente, omnipotente y muy implicado en los asuntos humanos, ha persistido hasta el día de hoy como la imagen religiosa dominante de la cultura occidental.

Durante la Ilustración, un número creciente de teólogos judeocristianos liberales, que deseaban acomodar el teísmo a una visión más racional del mundo material, se apartaron de Dios como persona literal. Baruch Spinoza, el notable filósofo judío del siglo XVII, visualizó la deidad como una sustancia trascendente presente en todas partes del universo. «Deus sive natura», ‘Dios o la naturaleza’, declaró, son intercambiables. Por sus afanes filosóficos fue expulsado de Amsterdam bajo un anatema comprensible, que combinaba todas las maldiciones del libro. A pesar del riesgo de herejía, la despersonalización de Dios ha continuado de manera segura

hasta la era moderna. Para Paul Tillich, uno de los teólogos protestantes más influyentes del siglo XX, la afirmación de la existencia de Dios como persona no es falsa, solo es insensata. En muchos de los pensadores contemporáneos más liberales, la negación de una divinidad concreta toma la forma de teología preparada. Todo en esta ontología, de las más extremas, es parte de una red estanca e infinitamente compleja de relaciones que se despliegan. Dios se manifiesta en todo.

Los científicos, los exploradores ambulantes del movimiento empirista, no son inmunes a la idea de Dios. Los que están a favor de la misma se inclinan hacia alguna forma de teología *sui generis*. Se plantean esta pregunta: cuando el mundo real del espacio, el tiempo y la materia sea lo suficientemente bien conocido, ¿revelará este conocimiento la presencia del Creador? Sus esperanzas están depositadas en los físicos teóricos que persiguen el objetivo de la teoría final, la Teoría del Todo, TDT, un sistema de ecuaciones interconectadas que describan todo lo que pueda aprenderse de las fuerzas del universo físico. La TDT es una teoría «hermosa», como la ha calificado Steven Weinberg en su importante ensayo *El sueño de una teoría final*. Hermosa porque será elegante, al expresar la posibilidad de una complejidad infinita con el mínimo de leyes, y simétrica, porque se mantendrá invariable a lo largo de todo el espacio y el tiempo. E inevitable, que significa que una vez enunciada no podrá cambiarse ninguna parte sin invalidar el todo. Todas las teorías que sobrevivan podrán encajarse en ella de forma permanente, de la manera en que Einstein describió su propia contribución, la teoría general de la relatividad. «El principal atractivo de la teoría —decía Einstein— reside en su integridad lógica. Si una sola de las conclusiones que se deducen de ella resulta falsa, habrá que abandonarla; modificarla sin destruir la estructura entera parece imposible».

Para los científicos más matemáticos, la expectativa de una teoría final puede parecer que señala la proximidad de un nuevo despertar religioso. Stephen Hawking, que cedió a la tentación en *Historia del tiempo* (1988), declaró que este logro científico sería el triunfo último de la razón humana, «porque entonces conoceríamos el pensamiento de Dios».

Bueno, quizá; pero lo dudo. Los físicos ya han puesto en su lugar una gran parte de la teoría final. Sabemos la trayectoria; podemos ver aproximadamente hacia dónde se dirige. Pero no habrá ninguna epifanía religiosa, al menos ninguna que sea reconocible para los autores de las Sagradas Escrituras. La ciencia nos ha llevado muy lejos del Dios personal que antaño presidiera sobre la civilización occidental. Ha hecho poco para satisfacer nuestra hambre instintiva que de manera tan conmovedora expresó el salmista:

> Pasa el hombre como una sombra, por un soplo solo se afana; amontona sin saber para quién. Y ahora, ¿qué puedo esperar, Señor? Mi esperanza está en ti[43].

La esencia del dilema espiritual de la humanidad es que evolucionamos

genéticamente para aceptar una verdad y descubrimos otra. ¿Existe alguna manera de eliminar el dilema, de resolver las contradicciones entre las visiones del mundo trascendentalista y empirista?

No, por desgracia no existe. Además, es improbable que una elección entre ellas permanezca arbitraria para siempre. Las hipótesis que subyacen a las dos visiones del mundo están siendo probadas con severidad creciente por el conocimiento acumulativo verificable sobre cómo funciona el universo, desde el átomo al cerebro y a la galaxia. Además, las duras lecciones de la historia han demostrado bien a las claras que un código ético no es tan bueno (al menos, no tan duradero) como otro. Lo mismo vale para las religiones. Algunas cosmologías son objetivamente menos correctas que otras, y algunos preceptos éticos son menos factibles.

Existe una naturaleza humana basada en la biología, y es relevante para la ética y la religión. La evidencia demuestra que debido a su influencia, puede educarse fácilmente a la gente dentro de un margen muy estrecho de preceptos éticos. La gente prospera dentro de determinados sistemas de creencias y languidece bajo otros. Necesitamos saber exactamente por qué.

A tal fin seré tan presuntuoso como para sugerir de qué manera es más probable que se zanje el conflicto entre las visiones del mundo. La idea de un origen genético y evolutivo de las creencias morales y religiosas será comprobada mediante la continuación de estudios biológicos del complejo comportamiento humano. En la medida en que los sistemas sensorial y nervioso parezcan haber evolucionado por selección natural, o al menos algún otro proceso puramente material, la interpretación de los empiristas se verá reforzada. Será apoyada todavía más por la verificación de la coevolución entre los genes y la cultura, el proceso de conexión esencial que se ha descrito en capítulos anteriores.

Ahora, consideremos la alternativa. En la medida en que los fenómenos éticos y religiosos *no* parezcan haber evolucionado de una manera compatible con la biología, y especialmente en la medida en que este comportamiento complejo no pueda relacionarse con acontecimientos físicos en los sistemas sensorial y nervioso, la posición empirista tendrá que ser abandonada y aceptarse la explicación trascendentalista.

Durante siglos la ejecutoria del empirismo se ha ido extendiendo en el antiguo dominio de la creencia trascendentalista, lentamente al principio, pero cada vez más rápidamente en la era científica. Los espíritus que nuestros antepasados conocían íntimamente huyeron primero de las rocas y de los árboles, y después de las distantes montañas. Ahora están en las estrellas, donde su extinción final es posible. «Pero no podemos vivir sin ellos». Las personas necesitan una narración sagrada. Han de tener la sensación de una finalidad más grande, de una u otra forma, como sea que se intelectualice. Rehusarán rendirse a la desesperación de la mortalidad animal. Continuarán suplicando con el salmista: «Y ahora, ¿qué puedo esperar, Señor?». Encontrarán una manera de mantener vivos los espíritus ancestrales.

Si la narración sagrada no puede ser en la forma de una cosmología religiosa, se tomará de la historia material del universo y de la especie humana. Esta tendencia no es en absoluto envilecedora. La verdadera épica evolutiva, contada de nuevo como poesía, es tan intrínsecamente ennoblecedora como cualquier épica religiosa. La realidad material descubierta por la ciencia ya posee más contenido y grandeza que todas las cosmologías religiosas combinadas. Se ha podido seguir la pista de la continuidad del linaje humano a través de un período de historia profunda mil veces más antigua que la que concibieron las religiones occidentales. Su estudio ha aportado nuevas revelaciones de gran importancia moral. Nos ha hecho comprender que el *Homo sapiens* es mucho más que un cúmulo de tribus y razas. Somos un único acervo génico del que en cada generación se extraen individuos y en el que se disuelven en la generación siguiente, unidos para siempre como una especie por herencia y un futuro común. Tales son los conceptos, basados en hechos, de los que pueden extraerse nuevos indicios de inmortalidad y de los que pueden evolucionar nuevas mitologías.

Cuál de las dos visiones del mundo prevalezca, el trascendentalismo religioso o el empirismo científico, supondrá una gran diferencia en la manera en que la humanidad reclame el futuro. Durante el tiempo en que el asunto se encuentra bajo consideración, puede alcanzarse un arreglo si se comprenden los siguientes hechos dominantes. Por un lado, la ética y la religión son todavía demasiado complejas para que la ciencia de hoy en día las pueda explicar en profundidad. Por otro, son mucho más el producto de la evolución autónoma de lo que hasta ahora admitían la mayoría de teólogos. La ciencia se enfrenta en la ética y la religión a su desafío más interesante y posiblemente humillante, mientras que la religión ha de encontrar de algún modo la manera de incorporar los descubrimientos de la ciencia con el fin de conservar la credibilidad. La religión poseerá fuerza en la medida en que codifique y ponga en forma duradera y poética los valores superiores de la humanidad consistentes con el saber empírico. Esta es la única manera de proporcionar un liderazgo moral convincente. La fe ciega, no importa lo apasionadamente que se exprese, no será suficiente. Por su parte, la ciencia comprobará sin cejar todas y cada una de las hipótesis acerca de la condición humana y a su debido tiempo desvelará los cimientos de los sentimientos morales y religiosos.

El resultado eventual de la competencia entre las dos visiones del mundo, así lo creo, será la secularización de la épica humana y de la propia religión. Sea como sea que el proceso se desenvuelva, exige una discusión abierta y un rigor intelectual firme en una atmósfera de respeto mutuo.

# CAPÍTULO 12

# ¿Hacia qué propósito?

Los intelectuales, cuando abordan el estudio del comportamiento y de la cultura, tienen la costumbre de hablar de diversos tipos de explicaciones: antropológicas, psicológicas, biológicas y otras, apropiadas a las perspectivas de cada una de las disciplinas. He argumentado que intrínsecamente existe solo una clase de explicación. Atraviesa las escalas del espacio, del tiempo y de la complejidad para unir los hechos dispares de las disciplinas mediante consiliencia, la percepción de una red inconsútil de causa y efecto.

Durante siglos la consiliencia ha sido la leche materna de las ciencias naturales. Ahora está completamente aceptada por las ciencias del cerebro y la biología evolutiva, las disciplinas mejor situadas para servir a su vez como puentes hacia las ciencias sociales y las humanidades. Existen abundantes indicios que apoyan y absolutamente ninguno que refute la proposición de que las explicaciones consilientes son compatibles con el conjunto de todas las grandes ramas del saber.

La idea central de la concepción consiliente del mundo es que todos los fenómenos tangibles, desde el nacimiento de las estrellas hasta el funcionamiento de las instituciones sociales, se basan en procesos materiales que en último término son reducibles, por largas y tortuosas que sean las secuencias, a las leyes de la física. En apoyo de esta idea está la conclusión de los biólogos de que la humanidad está emparentada con todas las demás formas de vida por descendencia común. Compartimos esencialmente el mismo código genético de ADN, que es transcrito a ARN y traducido a proteínas con los mismos aminoácidos. Nuestra anatomía nos sitúa entre los monos y simios del Viejo Mundo. El registro fósil demuestra que nuestro antepasado inmediato fue el *Homo ergaster* o bien el *Homo erectus*. Sugiere que el punto de nuestro origen fue África, hace unos doscientos mil años. Nuestra naturaleza humana hereditaria, que evolucionó durante cientos de milenios antes y después, afecta todavía profundamente a la evolución de la cultura.

Estas consideraciones no devalúan el papel determinante del azar en la historia. Pequeños accidentes pueden tener grandes consecuencias. El carácter de los líderes individuales puede suponer la diferencia entre la guerra y la paz; un invento tecnológico puede cambiar una economía. La fuerza principal de la concepción consiliente del mundo es, por el contrario, que la cultura, y con ello las cualidades únicas de la especie humana, solo tendrán sentido completo cuando se conecten mediante explicaciones causales a las ciencias naturales. La biología, en particular, es la más inmediata, y por ello relevante, de las disciplinas científicas.

Sé que este reduccionismo no es popular fuera de las ciencias naturales. Para muchos profesionales de las ciencias sociales y de las humanidades es un vampiro en la sacristía. De modo que permítaseme disipar la imagen profana que causa esta reacción. A punto de acabar el siglo, el foco de las ciencias naturales ha empezado a apartarse de la búsqueda de nuevas leyes fundamentales y a dirigirse a nuevos tipos de síntesis («holismo», si el lector prefiere) con el fin de comprender los sistemas complejos. Tal es la finalidad en los variados estudios sobre el origen del universo, la historia del clima, el funcionamiento de las células, el ensamblaje de los ecosistemas y la base física de la mente. La estrategia que mejor funciona en estas empresas es la construcción de explicaciones coherentes de causa y efecto que corten niveles de organización. Así, el biólogo celular mira hacia dentro y hacia abajo, a los conjuntos de moléculas, y el psicólogo cognitivo a pautas de actividad de los agregados de neuronas. Los accidentes, cuando ocurren, se tornan comprensibles.

No se ha ofrecido ninguna razón convincente por la que la misma estrategia no debiera funcionar para unir las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanidades. La diferencia entre los dos ámbitos está en la magnitud del problema, no en los principios que se necesitan para su solución. La condición humana es la frontera más importante de las ciencias naturales. Y al revés, el mundo material que han puesto al descubierto las ciencias naturales es la frontera más importante de las ciencias sociales y las humanidades. El argumento de la consiliencia puede destilarse como sigue: las dos fronteras son la misma.

Puede pensarse en el mapa del mundo material, incluida la actividad mental humana, como una pizca de terreno cartografiado separado por espacios en blanco que son de extensión desconocida, pero accesibles a la investigación interdisciplinar coherente. Mucho de lo que he ofrecido en los capítulos anteriores ha sido el «análisis de brechas», un esbozo de la posición de los espacios en blanco y una descripción de los esfuerzos de los investigadores para explorarlos. Las brechas de mayor potencial incluyen la unificación final de la física, la reconstrucción de células vivas, el ensamblaje de ecosistemas, la coevolución de los genes y la cultura, la base física de la mente y los profundos orígenes de la ética y la religión.

Si la concepción consiliente del mundo es correcta, la travesía de las brechas será un viaje magallánico que acabará por rodear toda la realidad. Pero esta hipótesis puede ser errónea: es posible que la exploración avance a través de un mar sin fin. El ritmo actual es tal que en unas pocas décadas podremos descubrir cuál de las dos imágenes es la correcta. Pero aunque el viaje sea magallánico, y aunque las excursiones más atrevidas de circunscripción, en consecuencia, vayan decayendo paulatinamente, de manera que el perfil general de la existencia material quede bien definido, todavía habremos dominado únicamente una fracción infinitesimal del detalle interno. La exploración seguirá en una profusión de disciplinas académicas. Están también las artes, que abarcan no solo todos los mundos físicos posibles, sino también todos los mundos concebibles que interesan de manera innata y son

compatibles con el sistema nervioso y así, en el sentido únicamente humano, verdaderos.

Colocadas en este contexto más amplio (de existencia lo suficientemente coherente para ser entendida en un sistema de explicación simple, pero en buena parte todavía inexplorada), las ambiciones de las ciencias naturales pueden ser consideradas de una manera más favorable por los no científicos. En la actualidad, como las encuestas han demostrado repetidamente, la mayoría de las personas, al menos en Estados Unidos, respetan la ciencia pero se sienten abrumadas por ella. No la comprenden, prefieren la ciencia-ficción, toman fantasía y pseudociencia como estimulantes para sacudir sus centros del placer cerebrales. Somos todavía buscadores de emociones del paleolítico, que preferimos *Parque jurásico* al período jurásico, y los ovnis a la astrofísica.

Los productos de la ciencia, con excepción de los descubrimientos médicos y la emoción esporádica de la exploración espacial, son considerados marginales. Lo que realmente importa a la humanidad, una especie de primate bien adaptado a los principios darwinistas fundamentales en cuerpo y alma, son el sexo, la familia, el trabajo, la seguridad, la expresión personal, la diversión y la realización… sin ningún orden preferente. La mayoría de la gente cree, estoy seguro que equivocadamente, que la ciencia tiene poco que ver con ninguna de estas preocupaciones. Suponen que las ciencias sociales y las humanidades son independientes de las ciencias naturales y empresas mucho más relevantes. ¿Quién que no esté poseído por la técnica necesita realmente definir un cromosoma? ¿O comprender la teoría del caos?

Sin embargo, la ciencia no es marginal. Como el arte, es una posesión universal de la humanidad, y el conocimiento científico se ha convertido en una parte vital del repertorio de nuestra especie. Comprende lo que sabemos del mundo material con una certeza razonable.

Si las ciencias naturales pueden unirse con éxito a las sociales y las humanidades, las artes liberales se revitalizarán en la educación superior. Incluso el intento de conseguir esto es una meta que vale la pena. Se debe ayudar a los estudiantes que quieren convertirse en profesionales a que comprendan que en el siglo XXI el mundo no será gobernado solo por los que posean mera información. Gracias a la ciencia y a la tecnología, el acceso al conocimiento objetivo de todo tipo está creciendo exponencialmente al tiempo que su costo unitario se reduce. Está destinado a hacerse global y democrático. Pronto se podrá disponer de él en todas partes, en las pantallas de los televisores y de los ordenadores. ¿Y entonces, qué? La respuesta es clara: síntesis. Nos estamos ahogando en información, mientras que nos morimos por la falta de sabiduría. En lo venidero el mundo estará gobernado por sintetizadores, personas capaces de reunir la información adecuada en el momento adecuado, pensar de forma crítica sobre ella y realizar de manera sabia importantes elecciones.

Y lo siguiente sobre la sabiduría: a largo plazo, las naciones civilizadas han llegado a juzgar una cultura con referencia a otra por un sentido moral de las

necesidades y aspiraciones de la humanidad en su conjunto. Al globalizar de este modo a la tribu, intentan formular los objetivos más nobles y más perdurables de la humanidad. Las cuestiones más importantes en este empeño para las artes liberales son el significado y el objetivo de toda nuestra actividad idiosincrásica y frenética: «¿Qué somos? ¿De dónde venimos? ¿Cómo decidiremos dónde ir?». ¿Por qué el tráfago, el ansia, la honestidad, la estética, la exaltación, el amor, el odio, el engaño, la brillantez, el orgullo, la humildad, la vergüenza y la estupidez que definen colectivamente a nuestra especie? La teología, que hace tiempo reclamaba este tema para sí, no lo ha hecho nada bien. Sobrecargada todavía por preceptos basados en el conocimiento popular de la Edad del Hierro, es incapaz de asimilar la gran envergadura del mundo real que ahora se le presenta para su examen. La filosofía occidental no ofrece ningún sustituto prometedor. Sus ejercicios envolventes y su timidez profesional han dejado a la cultura moderna insolvente de significado.

El futuro de las artes liberales reside, por lo tanto, en plantear directamente las cuestiones fundamentales de la existencia humana, sin embarazo o miedo, tomándolas de arriba abajo en un lenguaje que sea fácil de comprender, y redistribuyéndolas progresivamente en dominios de investigación que unan lo mejor de la ciencia y de las humanidades en cada nivel de organización sucesivo. Desde luego, se trata de una tarea muy difícil. Pero también la cirugía cardíaca y la construcción de vehículos espaciales son tareas difíciles. Las personas competentes se las apañan con ellas, porque hay que hacerlas. ¿Por qué habría de esperarse menos de los profesionales responsables de la educación? Las artes liberales lo conseguirán en la medida en que sean sólidas en contenido y a la vez tan coherentes entre ellas como permita la evidencia. Me cuesta trabajo concebir un currículo básico adecuado en facultades y universidades que evite las conexiones de causa-efecto entre las grandes ramas del saber; no la metáfora, no las usuales elucubraciones de segundo orden acerca de por qué los profesionales de disciplinas diferentes piensan esto o aquello, sino la causa y el efecto materiales. Aquí reside, para las generaciones posteriores, la gran aventura que con frecuencia es objeto de lamentación porque ya no está disponible. Aquí hay una gran oportunidad.

Admito que también hay una vaharada de azufre en la concepción consiliente del mundo, y un supuesto toque de Fausto a los que se comprometen con su núcleo humanista. Y también estos deben ser examinados atentamente. ¿Qué es lo que Mefistófeles ofreció a Fausto y cómo tenía que pagar el ambicioso doctor? Desde la pieza de Christopher Marlowe al poema épico de Goethe, el trato era esencialmente el mismo: el poder y el placer terrenales a cambio de tu alma. Después estaban las diferencias. El Fausto de Marlowe estaba condenado sin remedio cuando hizo la elección equivocada; el Fausto de Goethe se salvó porque no podía sentir la felicidad que se le prometió a través de las ganancias materiales. Marlowe defendía la piedad protestante, Goethe los ideales del humanismo.

En nuestra percepción de la condición humana nos hemos desplazado más allá de Marlowe y Goethe. En la actualidad pueden distinguirse no uno, sino dos tratos mefistofelianos. De ellos, así como del trato original, han de tomarse opciones duras. Ambas ilustran el valor de considerar la visión consiliente.

La primera elección faustiana se hizo en realidad hace varios siglos, cuando la humanidad aceptó el trinquete del progreso: cuanto más conocimiento adquieran las personas, más capaces serán de aumentar su número y de alterar el ambiente, con lo que más necesitarán nuevo conocimiento solo para seguir con vida. En un mundo dominado por los seres humanos, el ambiente natural se reduce continuamente, ofreciendo cada vez menos retornos per cápita en energía y recursos. La tecnología avanzada se ha convertido en la prótesis por excelencia. Córtese la energía eléctrica a una tribu de aborígenes australianos y no ocurrirá nada, o muy poco. Lo mismo en una zona residencial en California, y morirán millones de personas. De modo que, comprender por qué la humanidad ha llegado a estar relacionada con el ambiente de esta manera es más que una cuestión retórica. La codicia exige una explicación. El trinquete debiera reexaminarse constantemente, y debieran considerarse nuevas opciones.

La segunda promesa mefistofélica, generada por la primera, y que, extrañamente, tiene ecos de la Ilustración original, está prevista para dentro de pocas décadas. Dice: puedes alterar la naturaleza humana de la especie humana en cualquier dirección que desees, o puedes dejarla tranquila. De cualquier manera, la evolución genética está a punto de convertirse en consciente y volitiva, y anuncia una nueva época en la historia de la vida.

Examinemos los dos tratos, en primer lugar el segundo por coherencia lógica, y consideremos los destinos alternativos que parecen implicar.

Es útil saber, antes de atisbar hacia el futuro, dónde estamos ahora. ¿Sigue teniendo lugar el cambio genético a la antigua manera, o bien la civilización lo ha llevado a detenerse? Puede plantearse la pregunta de manera más precisa, como sigue: ¿opera todavía la selección natural para guiar la evolución? ¿Está forzando a nuestra anatomía y comportamiento para que cambien en alguna dirección particular en respuesta a la supervivencia y la reproducción?

La contestación, como tantas respuestas que se requieren en temas de gran complejidad, es sí y no. Por lo que yo sé, no hay pruebas de que el genoma humano esté cambiando en cualquier dirección general nueva. Puede ocurrírsele de inmediato al lector que las fuerzas que más afligen a la humanidad, incluyendo la superpoblación, la guerra, los brotes de enfermedades infecciosas y la contaminación ambiental, deben de estar empujando de algún modo a la especie de una manera dirigida. Pero estas presiones han existido en el mundo durante milenios, y han forzado la reducción periódica de las poblaciones e incluso la destrucción y sustitución de pueblos enteros. Gran parte de la adaptación que se esperaba que surgiera, probablemente ya lo ha hecho. Por lo tanto, es probable que los genes

humanos contemporáneos reflejen las necesidades que estas fuerzas malignas impusieron en el pasado.

Por ejemplo, parece que como especie no estamos adquiriendo genes para un cerebro mayor o menor, para riñones más eficientes, dientes más pequeños, una compasión mayor o menor, o cualesquiera otros ajustes importantes en el cuerpo y la mente. El único cambio global indudable es de menor consecuencia. Es el cambio que se da en todo el mundo en las frecuencias de los rasgos raciales como color de la piel, tipo de pelo, proteínas de los linfocitos e inmunoglobulinas, debido al crecimiento demográfico más rápido en los países en vías de desarrollo. En 1950, el 68% de la población mundial vivía en países en vías de desarrollo. Para el año 2000, la cifra será del 78%. Esta cantidad de cambio está teniendo un efecto en las frecuencias de genes que existían previamente, pero ninguno de los rasgos implicados, por lo que conocemos, tiene consecuencias importantes. Ninguno afecta a la capacidad intelectual ni a los fundamentos de la naturaleza humana.

También se han detectado unas pocas peculiaridades locales. Existe, por ejemplo, braquicefalización. Durante los últimos diez mil años, la cabeza de la gente se ha estado haciendo más redondeada en poblaciones tan separadas como Europa, India, Polinesia y Norteamérica. En la Polonia rural, entre los montes Cárpatos y el mar Báltico, los antropólogos han documentado la tendencia en esqueletos que van desde alrededor de 1300 hasta principios del siglo XX, y abarcan alrededor de treinta generaciones. El cambio se debe principalmente a la tasa de supervivencia ligeramente mayor de los cabezas redondas, y no al flujo de braquicéfalos procedentes de fuera de Polonia. El rasgo tiene una base parcialmente genética, pero se desconoce la razón de su mayor éxito darwiniano, si es que hay alguna.

Se han descubierto muchas divergencias de poblaciones locales en los tipos sanguíneos, la resistencia a las enfermedades, la capacidad aeróbica y la capacidad de digerir leche y otros alimentos. La mayoría de dichas diferencias puede relacionarse, al menos de manera tentativa, con la mayor supervivencia y reproducción en condiciones conocidas del ambiente local. La frecuencia de adultos capaces de digerir leche, uno de los rasgos más concienzudamente estudiados, es mayor en poblaciones que se han basado en los productos lácteos durante muchas generaciones. Otra tendencia local de naturaleza adaptativa fue dada a conocer en 1994 por un grupo de genetistas rusos. Descubrieron que las gentes de habla turcomana de los desiertos cálidos de Asia central producen más proteínas de choque térmico en sus fibroblastos cutáneos (células que forman parte del tejido conjuntivo laxo) que las personas que han vivido durante muchas generaciones en climas moderados vecinos. La diferencia, que tiene una base genética, confiere mayores tasas de supervivencia después de un estrés térmico grave.

Ninguna de estas tendencias regionales parece acarrear en la anatomía o el comportamiento propiedades de consecuencias importantes. Incluso es probable que los cambios debidos al crecimiento demográfico diferencial resulten efímeros si

(como ocurre en Tailandia en la actualidad) las tasas de natalidad en los países menos desarrollados se reducen a los niveles que se encuentran en Norteamérica, Europa y Japón.

La gran noticia en la evolución humana reciente no es el cambio direccional, ni la selección natural en absoluto, sino la homogeneización a través de la inmigración y el entrecruzamiento. A lo largo de la historia las poblaciones han estado en cambio continuo. Tribus y estados se han introducido en los territorios de sus rivales o los han rodeado, con frecuencia absorbiendo a estos vecinos, en ocasiones extinguiéndolos completamente. Los atlas históricos de Europa y Asia, cuando se pasan rápidamente sus páginas a lo largo de cinco milenios, se transforman en recortes de películas de fronteras étnicas cambiantes. A medida que avanzamos de una década a la siguiente en los recortes, reinos y estados saltan a la existencia, se expanden como hambrientas amebas bidimensionales y se desvanecen cuando otros aparecen para tomar su lugar.

La mezcla se aceleró mucho cuando los europeos conquistaron el Nuevo Mundo y transportaron esclavos africanos a sus costas. La homogeneización efectuó un salto menor en el siglo XIX con la colonización europea de Australia y África. En tiempos más recientes se ha acelerado otra vez con la expansión de la industrialización y la democracia, los dos rasgos distintivos de la modernidad que hacen que la gente esté inquieta y las fronteras internacionales sean porosas. La mayoría de poblaciones humanas permanecen diferenciadas sobre una base geográfica, y algunos enclaves étnicos resistirán seguramente algunos siglos más, pero la tendencia en la dirección opuesta es inequívocamente fuerte. También es irreversible.

La homogeneización no es dinámica a una escala global. Cambia las poblaciones locales, a veces rápidamente, pero no puede por sí sola conducir de manera consistente la evolución de la especie humana en su conjunto en una dirección u otra. Su principal consecuencia es la reducción gradual de las diferencias raciales previas, aquellas diferencias estadísticas en los rasgos hereditarios que distinguen a poblaciones enteras. También aumenta la gama de variaciones individuales dentro de las poblaciones y en toda la especie. Están surgiendo en la actualidad muchas más combinaciones de color de la piel, rasgos faciales, talentos y otras características influidas por los genes que las que nunca existieron antes. Pero las diferencias *promedio* entre las personas de diferentes localidades de todo el mundo, que ya no eran muy grandes para empezar, se están reduciendo.

La homogeneización genética tiene una cierta semejanza con la mezcla de ingredientes líquidos. El contenido cambia de manera espectacular, y surgen muchos tipos de productos nuevos al nivel de combinaciones génicas dentro de los individuos. La varianza aumenta, los extremos se extienden, es más probable que surjan nuevas formas de genios y patologías hereditarios. Pero las unidades más elementales, los genes, permanecen inalterados. Siguen siendo aproximadamente los mismos en tipo y abundancia relativa.

Si continúan a lo largo de decenas o cientos de generaciones las tasas actuales de emigración y entrecruzamiento podrían, en teoría, eliminar todas las diferencias entre poblaciones en todo el mundo. Las personas residentes en Pekín podrían ser, estadísticamente, las mismas que las de Amsterdam o Lagos. Pero no es este el tema principal de las futuras tendencias genéticas, porque las reglas bajo las cuales la evolución puede tener lugar están a punto de cambiar de manera espectacular y fundamental. Gracias a los avances que están teniendo lugar ahora mismo en genética y biología molecular, el cambio hereditario pronto dependerá menos de la selección natural que de la elección social. Al poseer un conocimiento exacto de sus propios genes, en unas pocas décadas la humanidad colectiva puede, si quiere, seleccionar una nueva dirección en su evolución y moverse rápidamente en tal sentido. O bien, si las generaciones futuras prefieren el libre mercado de la diversidad genética que existía en el pasado, pueden elegir sencillamente no hacer nada y vivir a base de su patrimonio de millones de años de antigüedad.

La expectativa de esta «evolución volitiva» (en la que una especie decide qué hacer con su propia herencia) planteará las opciones intelectuales y éticas más profundas a las que la humanidad se haya enfrentado jamás. En su base, el problema está lejos de la fantasía científica. Los investigadores médicos, motivados por la necesidad de comprender la base genética de la enfermedad, han empezado en serio a cartografiar los 50 000 a 100 000 genes humanos. Los biólogos de la reproducción han clonado ovejas, y presumiblemente podrían hacer lo mismo con seres humanos, si se permitiera tal eventualidad. Y gracias al Proyecto del Genoma Humano, los genetistas podrán leer la secuencia completa de nuestras letras de ADN, que en conjunto son 3600 millones, en una o dos décadas. Los científicos están experimentando asimismo con una forma limitada de manipulación molecular, en la que se alteran genes en una determinada dirección sustituyendo pizcas de ADN. Otra empresa de las ciencias biológicas que se está moviendo asimismo rápidamente es el seguimiento del desarrollo individual desde los genes a la síntesis de proteínas, y de aquí a los productos finales de la anatomía, la fisiología y el comportamiento. Es completamente posible que en cincuenta años podamos comprender en un detalle considerable no solo nuestra propia herencia, sino también mucho acerca de la manera en la que nuestros genes interactúan con el ambiente para producir un ser humano. Entonces podremos manipular chapuceramente los productos de cualquier nivel: cambiarlos temporalmente sin alterar la herencia, o cambiarlos de forma permanente mutando los genes y los cromosomas.

Si se alcanzan estos avances en el conocimiento, aunque solo sea en parte —lo que parece inevitable a menos que se detenga donde ahora se encuentra una gran parte de la investigación genética y médica—, y si se ponen a disposición de todo el mundo —lo que es problemático—, la humanidad alcanzará una posición deiforme para tomar el control de su propio destino último. Podrá, si así lo decide, alterar no solo la anatomía y la inteligencia de la especie, sino también las emociones y el

impulso creativo que componen el núcleo mismo de la naturaleza humana.

La manipulación del genoma será el final de los tres períodos que pueden distinguirse en la historia de la evolución humana. Durante casi toda la historia de dos millones de años del género *Homo,* que culmina en el *Homo sapiens,* las personas no eran conscientes de los códigos ultramicroscópicos hereditarios que los modelaban. En tiempos históricos, a lo largo de los últimos diez mil años, las poblaciones experimentaron todavía diferenciación racial, en gran parte en respuesta a las condiciones climáticas locales, igual como lo habían hecho durante el pasado distante.

A lo largo de este paso a través del tiempo evolutivo, compartido con todos los demás organismos, las poblaciones humanas estuvieron asimismo sujetas a la selección estabilizadora; los genes mutantes que causaban enfermedad o infertilidad eran extirpados en cada generación. Estos alelos defectuosos pudieron persistir solo cuando eran recesivos en su expresión, lo que significa que sus efectos podían estar enmascarados por la actividad de los genes dominantes emparejados con ellos. Sin embargo, la posesión de dos genes recesivos produce trastornos genéticos, ejemplos de los cuales son la fibrosis quística, la enfermedad de Tay-Sachs y la anemia falciforme. Los portadores de dotaciones dobles mueren jóvenes. La selección estabilizadora, en este caso a través de la muerte temprana, elimina continuamente los genes de la población, haciéndolos así misericordiosamente raros.

Con la llegada de la medicina moderna, la evolución humana ha entrado en su segundo período. Cada vez pueden moderarse o evitarse de forma deliberada más defectos hereditarios, incluso cuando los propios genes permanecen inalterados y están presentes en dotación doble. La fenilcetonuria, por ejemplo, afectaba hasta hace pocos años a uno de cada diez mil niños con retraso mental grave. Los investigadores descubrieron que la causa de la fenilcetonuria es un único gen recesivo, que en dotación doble evita el metabolismo normal de la fenilalanina, un aminoácido común. Los productos metabólicos anómalos de la sustancia se acumulan en la sangre, provocando lesiones cerebrales. Con este hecho elemental en sus libros de referencias, los médicos pueden ahora evitar completamente los síntomas al limitar la dieta de los niños fenilcetonúricos a alimentos libres de fenilalanina.

Los ejemplos del tipo de la circunvención de la fenilcetonuria se están haciendo comunes y se multiplicarán muchas veces más en los años venideros. Por primera vez, la gente está utilizando el conocimiento científico para obtener un control consciente sobre su herencia, avanzando al ritmo de un gen cada vez. El efecto evolutivo será relajar la selección estabilizadora a un ritmo creciente y, con ello, aumentar la variabilidad genética de la humanidad en su conjunto. Este segundo período, la supresión de la selección estabilizadora, no ha hecho más que empezar. A lo largo de muchas generaciones, la moderación de los efectos de los genes perjudiciales puede resultar en un cambio sustancial en la herencia humana al nivel de la población. Desde luego, los beneficios que se vayan acumulando habrán de

pagarse con una dependencia creciente de procedimientos médicos pesados y con frecuencia caros. La edad de la circunvención médica es también la edad de la prótesis médica.

Sin embargo, no debe preocuparnos que dicha selección desestabilizadora vaya demasiado lejos. El segundo período de la evolución humana es efímero. No durará las generaciones suficientes para tener un impacto importante sobre la herencia de la especie en su conjunto, porque el conocimiento que la hizo posible nos ha llevado suavemente al borde del tercer período, el de la evolución volitiva. Si comprendemos qué cambios en los genes provocan determinados defectos, hasta el nivel de las letras de nucleótidos del código de ADN, entonces, en principio, el defecto puede repararse de forma permanente. Los genetistas están trabajando esforzadamente para hacer que esta hazaña, llamada terapia génica, sea una realidad. Están esperanzados en que la fibrosis quística, para citar el proyecto actual que está más avanzado, pueda curarse al menos parcialmente mediante la introducción de genes no dañados en los tejidos pulmonares de los pacientes. Otra clase de defectos que parece que serán permanentemente tratables dentro de unos pocos años incluyen la hemofilia, la anemia falciforme y algunas otras enfermedades hereditarias de la sangre.

Hay que admitir que los avances en terapia génica han sido lentos en el primer período. Pero se acelerarán. Están en juego demasiadas expectativas, y se ha invertido demasiado capital empresario, para permitir el fracaso. Una vez establecida como una tecnología práctica, la terapia génica se convertirá en un coloso comercial. Se conocen ya miles de defectos genéticos, muchos de ellos fatales. Cada año se descubren más. Cada uno de estos genes es portado en una dotación sencilla o doble por miles o millones de personas en todo el mundo, y por término medio cada persona presenta, al menos, varios tipos distintos de genes defectuosos en algún lugar de sus cromosomas. En la mayoría de los casos los genes son recesivos y están cargados en una dotación simple; pero el portador, aunque no padezca el defecto, corre el riesgo de tener un hijo con la dotación doble y los síntomas completos. Es evidente que cuando la reparación genética sea segura y la gente se la pueda permitir, su demanda aumentará con rapidez.

En algún momento del siglo que viene esta tendencia conducirá al período completamente volitivo de la evolución. El progreso creará un nuevo tipo de problema ético, que será la decisión faustiana de la que hablé: ¿hasta dónde debe permitirse que las personas se muten a sí mismas y a sus descendientes? Considere el lector que sus descendientes, a los que puede querer alterar de alguna manera beneficiosa, bien pudieran ser asimismo mis descendientes a través de entrecruzamiento en los años venideros. Teniendo esto en consideración, ¿podremos ponernos de acuerdo en la cantidad de remiendos chapuceros en el ADN que sea moral? Al efectuar tales elecciones hay que trazar una línea importante entre el remedio de defectos genéticos evidentes, por un lado, y la mejora de rasgos normales, saludables, por otro. La imaginación científica pensará que solo hay un pequeño paso,

por ejemplo, desde la dislexia grave (una región génica descubierta en 1994 en el cromosoma número 6) a la dislexia leve, y otro saltito hasta la capacidad de aprender intacta y, finalmente, un paso más hasta la capacidad de aprender superior. Padezco una forma leve de dislexia denominada incapacidad de secuenciación visual, por la que habitualmente invierto números (8652 se convierte con mucha facilidad en 8562) y me afano por comprender palabras que se me deletrean letra por letra (me disculpo y pido verlas por escrito). Ciertamente, preferiría no padecer esta debilidad, menor pero inconveniente. Si es de origen genético, me encantaría en cambio saber que se fijó cuando yo era un embrión. Mis padres, si lo hubieran sabido y hubieran podido, probablemente hubieran decidido resolver el problema.

Muy bien, pero ¿qué hay que alterar los genes con el fin de aumentar la capacidad matemática y verbal? ¿Para adquirir un tono adecuado? ¿Y talento atlético? ¿Heterosexualidad? ¿Adaptabilidad al ciberespacio? En una dimensión completamente distinta, ciudadanos de diferentes estados y después de toda la humanidad podrían optar por hacerse menos variables, con el fin de aumentar la compatibilidad. O al revés: podrían optar por diversificarse en talento y temperamento, buscando la variada excelencia personal y, con ello, la creación de comunidades de especialistas capaces de trabajar juntos a niveles superiores de productividad. Por encima de todo, seguramente buscarían una mayor longevidad. Si esta manipulación para conseguir una vida más larga resulta exitosa aunque solo sea en parte, creará dislocaciones sociales y económicas enormes.

La trayectoria actual de la ciencia asegura que las generaciones futuras adquirirán la capacidad técnica para tomar tales decisiones. No estamos todavía en el período volitivo, pero nos hallamos lo suficientemente cerca como para que valga la pena pensar en esta perspectiva. El Homo sapiens, la primera especie verdaderamente libre, está a punto de licenciar la selección natural, la fuerza que nos hizo. No existe destino genético fuera de nuestro libre albedrío, no se nos ha provisto de ningún norte hacia el que podamos trazar el rumbo. La evolución, incluido el progreso genético en la naturaleza y la capacidad humana, será a partir de ahora cada vez más el ámbito de la ciencia y la tecnología atemperadas por la ética y las opciones políticas. Hemos alcanzado este punto después de un largo camino de fatigas y autoengaños. Pronto tendremos que mirar hacia nuestro interior y decidir en qué queremos convertirnos. Habiéndose terminado nuestra infancia, oiremos la verdadera voz de Mefistófeles.

También llegaremos a comprender el verdadero significado del conservadurismo. Con este término trillado y confusionario no me refiero al liberalismo mojigato y egoísta en el que gran parte del movimiento conservador norteamericano se ha hundido últimamente. Me refiero a la ética que aprecia y sostiene los recursos y las instituciones que se ha demostrado que son mejores de una comunidad. En otras palabras, el verdadero conservadurismo, una idea que puede aplicarse a la naturaleza humana tanto como a las instituciones sociales.

Pronostico que las generaciones futuras serán conservadoras desde el punto de

vista genético. Excepto para la reparación de defectos incapacitantes, se resistirán al cambio hereditario. Lo harán para salvaguardar las emociones y las reglas epigenéticas del desarrollo mental, porque estos elementos componen el alma física de la especie. El razonamiento es como sigue. Si se alteran lo suficiente las emociones y las reglas epigenéticas, las personas serán «mejores» en un cierto sentido, pero ya no serán humanos. Neutralizad los elementos de la naturaleza humana en favor de la pura racionalidad, y el resultado serán ordenadores mal construidos, a base de proteínas. ¿Por qué tendría una especie que abandonar el núcleo definidor de su existencia, construido por millones de años de prueba biológica y error?

Lo que eleva esta cuestión por encima del mero futurismo es que, para empezar, revela bien a las claras nuestra ignorancia del significado de la existencia humana. E ilustra cuánto más necesitamos saber con el fin de decidir la cuestión última: ¿hacia qué propósito, o propósitos, si es que hay alguno en particular, debe dirigirse el genio humano?

El problema del significado y propósito colectivos es a la vez urgente e inmediato, porque, aunque no fuera por otra razón, determina la ética ambiental. Pocos dudarán de que la humanidad se ha creado un problema de dimensiones planetarias. Nadie lo quería, pero somos la primera especie que se ha convertido en una fuerza geofísica, al alterar el clima de la Tierra, un papel que previamente estaba reservado a la tectónica, las llamaradas solares y los ciclos glaciales. Somos, asimismo, los mayores destructores de vida desde el meteorito de diez kilómetros de diámetro que cayó cerca del Yucatán y puso fin a la Era de los Reptiles hace sesenta y cinco millones de años. A través de la superpoblación nos hemos puesto en peligro de quedarnos sin alimento y agua. De modo que sobre nosotros planea una elección muy faustiana: o bien aceptar nuestro comportamiento corrosivo y arriesgado como el precio inevitable del crecimiento demográfico y económico, o evaluar nuestra situación y buscar una nueva ética ambiental.

Tal es el dilema que ya está implícito en los debates ambientales actuales. Surge del choque de dos imágenes opuestas que el hombre tiene de sí mismo. La primera es la autoimagen naturalística, que sostiene que estamos confinados a una biosfera delgada como una hoja de afeitar, dentro de la cual son posibles mil infiernos imaginables, pero solo un paraíso. Lo que idealizamos en la naturaleza e intentamos recrear es el peculiar ambiente físico y biótico que fue la cuna de la especie humana. El cuerpo y la mente humanos están adaptados de manera precisa a este mundo, a pesar de sus pruebas y sus peligros, y esta es la razón por la que pensamos que es hermoso. En este sentido, el *Homo sapiens* se adecúa a un principio básico de la evolución orgánica, que todas las especies prefieren el ambiente en el que sus genes fueron ensamblados y gravitan hacia él. Se denomina «selección de hábitat». Aquí reside la supervivencia para la humanidad, y aquí reside la paz mental, tal como prescriben nuestros genes. Por lo tanto, es improbable que encontremos nunca ningún

otro lugar o concibamos ningún otro hogar tan hermoso como este planeta azul era antes de que empezáramos a cambiarlo.

La autoimagen en competencia (que también resulta ser el tema conductor de la civilización occidental) es el punto de vista exencionalista. Según esta concepción, nuestra especie existe separada del mundo natural y tiene capacidad de dominio sobre el mismo. Estamos exentos de las férreas leyes de la ecología que atenazan a las demás especies. Existen pocos límites a la expansión humana que nuestra categoría especial y nuestro ingenio no puedan superar. Somos libres de modificar la superficie de la Tierra para crear un mundo mejor que el que nuestros antepasados conocieron.

Para el exencionalista convencido, el *Homo sapiens* se ha convertido en realidad en una nueva especie, a la que proporcionaré ahora un nombre nuevo, *Homo proteus*, el 'hombre de forma cambiante'. En la clasificación taxonómica de los organismos de la Tierra, la diagnosis del hipotético *Homo proteus* es la siguiente:

Cultural. Indeterminadamente flexible, con un potencial enorme. Cableado e impulsado por la información. Puede desplazarse casi a cualquier lugar, adaptarse a cualquier ambiente. Inquieto, cada vez más abundante y hacinado. Piensa en la colonización del espacio. Lamenta la pérdida actual de naturaleza y todas estas especies que se extinguen, pero es el precio del progreso y, en todo caso, es algo que tiene poco que ver con nuestro futuro.

Y aquí está la diagnosis naturalista, y creo que correcta, del viejo *Homo sapiens*, nuestro familiar 'hombre sabio':

Cultural. Con un potencial intelectual indeterminado, pero biológicamente limitado. Básicamente una especie de primate en cuerpo y repertorio emocional (miembro del orden primates, infraorden catarrinos, familia homínidos). Enorme comparado a otros animales, parvihirsuto, bípedo, poroso, blando, compuesto principalmente de agua. Funciona a base de millones de reacciones bioquímicas delicadas y coordinadas. Se le elimina fácilmente mediante trazas de toxinas y el tránsito de proyectiles del tamaño de guisantes. De vida corta, emocionalmente frágil. Depende del cuerpo y la mente de otros organismos terrestres. La colonización del espacio es imposible sin líneas de suministros enormes. Empieza a lamentar profundamente la pérdida de naturaleza y de todas estas otras especies.

El sueño del hombre liberado del ambiente natural de la Tierra se puso a prueba frente a la realidad a principios de la década de 1990 con Biosfera 2, un ecosistema cerrado que ocupaba 12 800 metros cuadrados, construido en el terreno desértico de Oracle, en Arizona. Encerrado en cristal, dotado de suelo, aire, agua, plantas y animales, estaba diseñado para ser una Tierra funcional en miniatura, independiente del planeta madre. Los proyectistas sintetizaron fragmentos de pluviselva, sabana, matorral espinoso, desierto, marisma, arrecife de coral y océano para simular los hábitats naturales del hogar. Las únicas conexiones con el mundo exterior eran la energía eléctrica y la comunicación, ambas concesiones razonables para un experimento básicamente ecológico. El diseño y la construcción de Biosfera 2

costaron 200 millones de dólares. Incorporaba el conocimiento científico más avanzado y la ingeniería punta. Se esperaba que el éxito del experimento, si se conseguía, probara que la vida humana puede ser sustentada de forma independiente en burbujas herméticas en cualquier lugar del sistema solar que no esté socarrado letalmente por el calor y la radiación dura.

El 26 de septiembre de 1991, ocho «biosferanos» voluntarios entraron en el recinto terminado y se aislaron del exterior. Durante un tiempo todo fue bien, pero después aparecieron una serie de desagradables sorpresas. Pasados cinco meses, la concentración de oxígeno en Biosfera 2 empezó a disminuir desde su 21% original, alcanzado finalmente el 14%, una cantidad que normalmente se encuentra a 5300 metros, demasiado baja para la salud. En este punto, para permitir que el experimento continuara, se bombeó oxígeno desde el exterior. Durante el mismo período aumentaron mucho los niveles de dióxido de carbono, a pesar del uso de un procedimiento artificial de reciclado. Las concentraciones de óxido nitroso aumentaron hasta niveles peligrosos para el tejido cerebral.

Las especies que se habían utilizado para construir los ecosistemas se vieron afectadas de manera drástica. Muchas se redujeron hasta extinguirse a un ritmo alarmantemente elevado. Diecinueve de los veinticinco vertebrados y todos los animales polinizadores desaparecieron. Al mismo tiempo, unas cuantas especies de cucarachas, chicharras y hormigas se multiplicaron de manera explosiva. Las ipomeas, pasionarias y otras trepadoras, que se habían plantado para que actuaran como sumidero de carbono, crecieron de forma tan exuberante que amenazaban a otras especies de plantas, incluidas las de los cultivos, y tuvieron que aclararse laboriosamente a mano.

Los biosferanos salieron heroicamente adelante de estas pruebas, consiguiendo permanecer dentro del recinto los dos años enteros que originalmente habían planeado. Como experimento, Biosfera 2 no fue en absoluto un fracaso. Nos enseñó muchas cosas, de las que la más importante es la vulnerabilidad de nuestra especie y del ambiente vivo del que dependemos. Dos biólogos profesionales que revisaron los datos formando parte de un equipo independiente, Joel E. Cohen, de la Universidad Rockefeller, y David Tilman, de la Universidad de Minnesota, escribieron con tacto: «Nadie sabe todavía cómo manipular sistemas que proporcionen a los seres humanos los servicios de soporte de vida que los ecosistemas naturales producen gratuitamente», y «a pesar de sus misterios y peligros, la Tierra sigue siendo el único hogar conocido que puede sustentar la vida».

En su olvido de la fragilidad de la vida, el exencionalismo fracasa definitivamente. Avanzar como si el genio científico y empresarial haya de resolver todas y cada una de las crisis que vayan surgiendo, implica que la degradación de la biosfera global puede gestionarse de igual manera. Quizá esto sea posible en décadas futuras (siglos parece más probable), pero en la actualidad todavía no se atisban los medios necesarios para ello. El mundo vivo es demasiado complicado para que pueda

ser mantenido como un jardín en un planeta que se ha convertido en una cápsula espacial artificial. No se conoce ningún homeostato biológico que pueda ser activado por la humanidad. Creer otra cosa es arriesgarse a reducir la Tierra a un yermo, y la humanidad a una especie amenazada.

¿Cuán apremiante es el riesgo? Lo suficiente, creo, para que el pensamiento acerca de la preservación de la especie humana cambie de manera fundamental. El estado actual del ambiente puede resumirse como sigue:

La población global es precariamente grande, y lo será todavía más antes de llegar a un máximo poco más allá del 2050. La humanidad en su conjunto está mejorando en producción per cápita, salud y longevidad. Pero lo está haciendo a costa de comerse el capital del planeta, incluyendo los recursos naturales y la diversidad biológica, que tienen millones de años de antigüedad. El *Homo sapiens* se está acercando al límite de sus suministros de alimento y agua. A diferencia de cualquier especie que haya vivido antes, está cambiando asimismo la atmósfera y el clima de la Tierra, agotando y contaminando los mantos freáticos, reduciendo los bosques y extendiendo los desiertos. La mayor parte de la tensión se origina directa o indirectamente a partir de un puñado de países industrializados. Las fórmulas para la prosperidad que estos países han probado están siendo adoptadas ansiosamente por el resto del mundo. Dicha emulación no puede sostenerse, no con los mismos niveles de consumo y desechos. Aunque la industrialización de los países en vías de desarrollo solo tenga éxito en parte, las consecuencias ambientales serán de una magnitud muy superior a la explosión demográfica que la precedió.

Desde luego, algunos dirán que esta sinopsis ambiental es alarmismo ambiental. Quisiera de veras que tal acusación fuera cierta. Por desgracia, es la opinión basada en hechos de la abrumadora mayoría de científicos de talla que estudian el ambiente. Por científicos de talla quiero decir los que recolectan y analizan los datos, construyen los modelos teóricos, interpretan los resultados y publican artículos para revistas profesionales, artículos revisados por otros expertos que, con frecuencia, incluyen a sus rivales. Cuando digo científicos de talla no me refiero a los muchos periodistas, invitados a tertulias mediáticas y polemizadores de paneles de expertos que también se dedican al ambiente, aunque sus opiniones lleguen a una audiencia muchísimo mayor. No pretendo devaluar sus profesiones, que alcanzan niveles muy altos, sino tan solo sugerir que existen fuentes mejor cualificadas a las que consultar para información objetiva sobre el ambiente. Desde este punto de vista, el ambiente es un tema mucho menos controvertido de lo que sugiere la información rutinaria en los medios.

Considérense, pues, la evaluación que han hecho a lo largo de los años de mediados de la década de 1990 los científicos de talla. Sus estimas cuantitativas difieren en función de las diversas hipótesis y procedimientos matemáticos que se hayan usado, pero la mayoría se encuentra todavía dentro de los límites desde los cuales se pueden hacer con seguridad proyecciones de tendencias.

En 1997 la población global había alcanzado los 5800 millones de personas, y aumentaba al ritmo de 90 millones al año. En 1600 había solo alrededor de 500 millones de personas en la Tierra y, en 1940, 2000 millones. Se espera que la cantidad de aumento solo en la década de 1990 exceda la de toda la población que vivía en 1600. La tasa global de aumento, después de haber alcanzado un máximo durante la década de 1960, se ha ido reduciendo desde entonces. En 1963, por ejemplo, cada mujer paría una media de 4,1 hijos. En 1996 esta cifra se había reducido hasta 2,6. Para estabilizar la población mundial el número tiene que ser 2,1 hijos por mujer (el 0,1 adicional corresponde a la compensación por la mortalidad infantil). El tamaño de la población a largo plazo es extraordinariamente sensible a este número de sustitución, como se indica en las siguientes proyecciones. Si el número fuera 2,1, en el año 2050 habría 7700 millones de personas en la Tierra, cifra que se estabilizaría en 8500 millones en el 2150. Si fuera 2,0, la población alcanzaría un máximo de 7800 millones, y después se reduciría hasta los 5600 millones en 2150, cifra que equivale al total de mediados de la década de 1990. Si la cifra fuera 2,2, se alcanzarían los 12 500 millones en el año 2050, y los 20 800 millones en el 2150; y si, de una forma milagrosa, pudiera mantenerse posteriormente este valor de 2,2, la biomasa humana acabaría por igualar el peso del mundo y, después, pasados unos pocos milenios y expandiéndose hacia fuera a la velocidad de la luz, excedería la masa del universo visible. Incluso en el caso de que la tasa de natalidad global se redujera de manera drástica e inmediata, por ejemplo, hasta el objetivo chino de un hijo por mujer, la población no alcanzaría su máximo hasta pasadas dos generaciones. Este exceso está asegurado por el desproporcionado número de jóvenes que existen en la actualidad, y que tienen una esperanza de vida muy elevada.

¿Cuántas personas puede sostener el mundo durante un período indefinido? Los expertos no se ponen de acuerdo, pero una mayoría de ellos sitúa la cifra en algún punto entre los 4000 y los 16 000 millones. El número real dependerá de la calidad de vida que las generaciones futuras estén dispuestas a aceptar. Si todo el mundo estuviera de acuerdo en hacerse vegetariano, no dejando comida ninguna para el ganado, las actuales 1400 millones de hectáreas de tierras agrícolas bastarían para alimentar a 10 000 millones de personas. Sí los seres humanos utilizaran como alimento toda la energía captada por la fotosíntesis vegetal, unos 40 billones de watt, la Tierra podría soportar unos 16 000 millones de personas. De un mundo tan frágil habrían de excluirse casi todas las demás formas de vida.

Aún en el caso de que, por *force majeure,* la población se estabilice muy por debajo de los 10 000 millones a mediados del próximo siglo, el estilo de vida relativamente extravagante de que ahora gozan las clases medias de Norteamérica, Europa occidental y Japón no podrán alcanzarlo la mayor parte del resto del mundo. La razón es que el impacto de cada país en el ambiente es multiplicativo. Depende, de una manera compleja, de la fórmula denominada PAT: tamaño de la población *multiplicado por* la afluencia per cápita (es decir, el consumo), *multiplicado por* una

medida de la voracidad de la tecnología utilizada para sostener el consumo. La magnitud de la PAT puede visualizarse adecuadamente mediante la «huella ecológica» de tierra productiva que se precisa para soportar a cada miembro de la sociedad con la tecnología actual. En Europa la huella es de 3,5 hectáreas, en Canadá 4,3 hectáreas, y en Estados Unidos 5 hectáreas. En la mayoría de países en vías de desarrollo es inferior a media hectárea. Para hacer que todo el mundo alcanzara el nivel de Estados Unidos se precisarían otros dos planetas Tierra.

Importa poco que Dakota del Norte y Mongolia estén vacías en su mayor parte. No supone ninguna diferencia que los 5800 millones de personas del mundo pudieran caber amontonadas y fuera de la vista en un recodo del Gran Cañón. El dato de interés es la huella media sobre la tierra productiva, que de alguna manera ha de reducirse si es que se quiere conseguir que un número adicional significativo de personas alcancen un nivel de vida decente.

Suponer que el nivel de vida del resto del mundo puede hacerse subir hasta el de los países más prósperos, con la tecnología actual y los niveles existentes de consumo y desechos, es un sueño en pos de una imposibilidad matemática. Incluso nivelar nuestras desigualdades de renta actuales exigiría reducir las huellas ecológicas de los países prósperos. Esto es problemático en la economía global basada en el mercado, en el que los principales actores son también los militarmente más poderosos y, a pesar de una gran cantidad de retórica, en gran parte indiferentes a los sufrimientos de los demás. Pocas personas en los países industrializados se dan cuenta cabal de lo mal que están realmente los pobres del mundo. Aproximadamente 1300 millones de personas, más de la quinta parte de toda la población mundial, tienen rentas monetarias por debajo de un dólar americano diario. El siguiente grupo de 1600 millones de personas gana entre 1 y 3 dólares. Algo más de 1000 millones viven en lo que las Naciones Unidas clasifican como pobreza absoluta, sin la seguridad de obtener comida de un día para otro. Cada año un número de personas que supera el de la población entera de Suecia, entre 13 y 18 millones, en su mayoría niños, mueren de hambre, de los efectos secundarios de la desnutrición o de otras causas relacionadas con la pobreza. Con el fin de tener perspectiva, imagínese el lector la respuesta si se dijera a los norteamericanos y europeos que en el próximo año toda la población de Suecia, o de Escocia y Gales combinadas, o de Nueva Inglaterra, iba a morir de pobreza.

Desde luego, los exencionalistas dirán que las nuevas tecnologías y la marea creciente de la economía de libre mercado pueden resolver el problema. La solución, explican, es clara: solo hay que utilizar más tierra, más fertilizantes, y cosechas de alto rendimiento, y trabajar más duro para mejorar la distribución. Y, naturalmente, promover más educación, transferencia de tecnología y libre comercio. ¡Ah, sí!, y desalentar los conflictos étnicos y la corrupción política.

Todo esto ayudará, ciertamente, y debe dársele una gran prioridad, pero no podrá resolver el principal problema, que son los recursos finitos del planeta Tierra. Es

cierto que solo se está cultivando el 11% de la superficie de la Tierra. Pero esto ya incluye la parte más cultivable. La mayor parte del restante 89% tiene un uso limitado, o ninguno en absoluto. Groenlandia, la Antártida, la mayor parte de la extensa taiga septentrional y los igualmente extensos desiertos ultrasecos no están disponibles. Las selvas y sabanas tropicales restantes pueden desbrozarse y plantarse, pero al coste de la mayoría de especies de plantas y animales del mundo, y con una ganancia agrícola menor. Cerca de la mitad de su extensión presenta suelos de fertilidad natural baja: el 42% de las áreas inexplotadas del África subsahariana, por ejemplo, y el 46% de las de América latina. Mientras tanto, las tierras cultivadas y deforestadas están perdiendo el mantillo por erosión a un ritmo que es diez veces superior al sostenible. En 1989, el 11% de las tierras agrícolas del mundo había sido clasificado por edafólogos expertos como gravemente degradado. De 1950 a mediados de 1990, el área de tierra cultivada por persona se redujo a la mitad, de 0,23 hectáreas a 0,12 hectáreas, menos de la cuarta parte del tamaño de un campo de fútbol. El hambre generalizada se evitó porque durante el mismo período de cuarenta años la Revolución Verde aumentó de forma espectacular el rendimiento por hectárea, con nuevas variedades de arroz y otros cultivos, mejores aplicaciones de plaguicidas y un uso aumentado de fertilizantes e irrigación. Pero incluso estas tecnologías tienen sus límites. Hacia 1985 el aumento del rendimiento se detuvo; esta tendencia, al combinarse con un crecimiento implacable de la población, inició una reducción en la producción per cápita. El déficit se hizo aparente primero en los países en vías de desarrollo, cuya autosuficiencia de cereales cayó del 96% en 1969-1971, en el apogeo de la Revolución Verde, al 88% en 1993-1995. En 1996, el remanente de reservas mundiales de cereales, los suministros de emergencia de la humanidad, se habían reducido en un 50% desde el máximo de todos los tiempos, que se alcanzó en 1987. A principios de la década de 1990, solo unos pocos países (entre ellos Canadá, Estados Unidos, Argentina, la Unión Europea y Australia) poseían más de las tres cuartas partes de los recursos mundiales de cereales.

Quizá todos estos signos desaparecerán milagrosamente. Si no, ¿cómo se las arreglará el mundo? Quizá los desiertos y las praderas secas no agrícolas puedan irrigarse para expandir la producción agrícola. Pero este remedio tiene también sus limitaciones. Demasiada gente compite ya por demasiada poca agua. Los acuíferos de todo el mundo, de los que tanta agricultura de las regiones más secas depende, están siendo vaciados de su agua freática más deprisa de lo que pueden sustituirse las reservas por la percolación natural de la precipitación y la escorrentía. El acuífero Ogallala, una de las principales fuentes de agua de los Estados Unidos centrales, experimentó un descenso de tres metros en una quinta parte de su extensión solo durante la década de 1980. Ahora se encuentra medio vacío bajo un millón de hectáreas de Kansas, Texas y Nuevo México. Déficit todavía peores se están produciendo en otros países, y con frecuencia allí donde son más difíciles de afrontar. La capa freática situada bajo Pekín descendió 37 metros entre 1965 y 1995. Se espera

que las reservas freáticas de la península arábiga estén agotadas para el año 2050. Mientras tanto, los países ricos en petróleo de la zona están cubriendo parcialmente el déficit mediante la desalinización de agua de mar: canjean su precioso petróleo por agua. A una escala global, la humanidad está forzando el límite, utilizando la cuarta parte del agua asequible que se libera a la atmósfera mediante la evaporación y la transpiración de las plantas, y algo más de la mitad disponible en los ríos y otros canales de escorrentía. Para el año 2025, el 40% de la población mundial puede estar viviendo en países con escasez crónica de agua. La construcción de nuevas presas puede añadir un 10% a la captación de la escorrentía durante los próximos treinta años, pero la noria que se opone a este proceso es incesante: en las mismas tres décadas se espera que la población humana crezca un tercio.

Mientras la tierra se rinde, ¿podremos dirigirnos a la última frontera de la Tierra, el mar ilimitado? Por desgracia, no. No es realmente ilimitado, y ya ha dado la mayor parte de lo que puede ofrecer. Las diecisiete pesquerías oceánicas del mundo están siendo explotadas más allá de su capacidad. Solo las del océano Índico han seguido aumentando su producción, tendencia destinada a terminar porque la tasa de capturas actual no es sostenible. Varias pesquerías, incluyendo las famosas de los bancos del Atlántico noroccidental y del mar Negro, han sufrido un colapso comercial. La captura pesquera anual, después de haber aumentado cinco veces entre 1950 y 1990, se ha estabilizado alrededor de los 90 millones de toneladas.

La historia de las pesquerías marinas ha sido de capturas en masa cada vez mayores y procesamiento *in situ*, lo que aumenta la producción reduciendo cada vez más las poblaciones existentes. En la década de 1990, la proliferación de granjas de peces había compensado parte del relajamiento, añadiendo 20 millones de toneladas a la pesca total. Pero la acuicultura, la revolución de aletas y conchas, tiene también límites. Las granjas marinas en expansión ocupan el lugar de manglares y de otros hábitats de áreas húmedas costeras que sirven como lugares de freza para muchos peces costeros y de alta mar. Las piscifactorías de agua dulce tienen un mayor potencial de crecimiento, pero han de competir con la agricultura convencional para los recursos cada vez menores de agua de escorrentía y procedente de los acuíferos.

Mientras tanto, de acuerdo con el principio general de la vida de que todas las grandes perturbaciones son malas, la capacidad de la Tierra de sostener la voraz biomasa humana se está reduciendo todavía más, debido a la aceleración del cambio climático. Durante los últimos ciento treinta años, la temperatura media global ha aumentado en un grado Celsius. Ahora las señales son evidentes (algunos científicos de la atmósfera dicen que concluyentes) en el sentido de que gran parte del cambio se debe a la contaminación por dióxido de carbono. La conexión es el efecto invernadero, en el que el dióxido de carbono, junto al metano y algunos otros gases, funcionan como las construcciones de cristal que utilizan los jardineros. Dejan pasar la radiación luminosa pero retienen el calor que esta genera. Durante los últimos 160 000 años, como demuestran las pruebas realizadas en las burbujas de aire

contenidas en hielo fósil, la concentración de dióxido de carbono atmosférico ha estado directamente correlacionada con la temperatura media global. En la actualidad, aumentada por la utilización de combustibles fósiles y por la destrucción de las selvas tropicales, la concentración de dióxido de carbono se sitúa en 360 partes por millón, el valor más elevado en el período de 160 000 años.

La idea de que el clima se caldea por la actividad humana ha sido puesta en duda por varios científicos, con razones válidas. La química atmosférica y el cambio climático son temas extremadamente complejos. Cuando se suman, las predicciones exactas resultan casi imposibles. No obstante, pueden estimarse las trayectorias y las velocidades de los cambios dentro de unos límites amplios. Tal ha sido el objetivo del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), un grupo de más de dos mil científicos que trabajan en todo el mundo para evaluar los datos que les llegan y construir modelos de cambio futuro con la ayuda de supeordenadores. Las variables más difíciles que tienen que incorporar incluyen la descarga industrial de los aerosoles de sulfato, que contrarrestan el efecto de invernadero del dióxido de carbono, junto con la captación a largo plazo del dióxido de carbono por parte del océano, que puede desviar los cálculos del cambio atmosférico, y las intrincadas idiosincrasias del cambio climático local.

En su conjunto, los científicos del IPCC han efectuado la siguiente evaluación. Habrá un aumento adicional de la temperatura media global de 1,0 a 3,5 grados Celsius para el año 2100. Son probables consecuencias múltiples, pero pocas de ellas, o ninguna, serán seguramente agradables. La expansión térmica de las aguas marinas y la fragmentación parcial de las plataformas de hielo de la Antártica y Groenlandia harán aumentar el nivel del mar en hasta 30 centímetros, lo que causará problemas a las naciones costeras. Kiribati y las islas Marshall, dos pequeños países que ocupan atolones en el Pacífico occidental, corren el riesgo de arrasamiento parcial. Las pautas de precipitación cambiarán, y lo más probable es que lo hagan como sigue: se experimentarán grandes incrementos en el norte de África, zonas templadas de Eurasia y Norteamérica, Sudeste asiático y la costa pacífica de Sudamérica, y reducciones comparables en Australia y la mayor parte de Sudamérica y África del Sur.

Los climas locales se harán más variables, a medida que las oleadas de calor aumenten en frecuencia. Incluso un pequeño aumento en la temperatura promedio produce muchos más casos de temperaturas muy altas. La razón es un efecto puramente estadístico. Un pequeño cambio en una dirección en una distribución estadística normal eleva el antiguo extremo en aquella dirección, desde cero hasta un número que en proporción es bastante mayor. (Así, para tomar otro ejemplo, si se aumentara un 10% la capacidad matemática promedio de la especie humana, seguramente no se advertiría la diferencia en la gran masa de las personas, pero habría muchos más Einstein).

Puesto que las nubes y los centros de tormentas se generan sobre las aguas

marinas caldeadas por encima de los 26 °C, los ciclones tropicales aumentarán en frecuencia media. La costa oriental de Estados Unidos, para escoger una región densamente poblada, sufrirá por lo tanto más oleadas de calor en primavera y más huracanes en verano. Podemos esperar que las zonas climáticas más cálidas se expandan hacia los polos Norte y Sur, y que los mayores cambios tengan lugar en las latitudes más altas. Los ecosistemas de tundra se reducirán, y pueden desaparecer completamente. La agricultura se verá afectada, en algunos lugares de manera favorable, destructora en otras. En general, los países en vías de desarrollo pueden esperar verse más afectados que los del Norte industrializado. Muchos sistemas naturales y las especies de microorganismos, plantas y animales que los componen, incapaces de adaptarse al cambio de condiciones locales o de emigrar con suficiente rapidez a áreas que se harán habitables por vez primera, se extinguirán.

Para resumir el futuro de los recursos y del clima, el muro hacia el que la humanidad se está dirigiendo con rapidez y de manera evidente es una escasez no de minerales y energía, sino de alimentos y agua. El tiempo de llegada al muro se está reduciendo porque el clima físico se está haciendo menos conveniente. La humanidad es como una familia que está viviendo frívolamente a partir de un capital que se va desvaneciendo. Los exencionalistas están arriesgando mucho cuando nos advierten, efectivamente, que «La vida es buena y cada vez va mejor, porque, mira a tu alrededor, nos estamos todavía expandiendo y gastando cada vez más de prisa. No te preocupes por el año próximo. Somos un grupo tan listo que algo descubriremos. Siempre ha ocurrido así».

Ellos, y la mayoría de nosotros, hemos de aprender todavía el enigma aritmético del nenúfar. Se coloca una hoja de nenúfar en un estanque. Cada día la hoja, y después todos sus descendientes, se duplica. En el día que hace treinta, el estanque está completamente cubierto por hojas de nenúfar, que ya no puede crecer más. ¿Qué día estaba el estanque medio lleno y medio vacío de hojas de nenúfar? El día veintinueve.

¿Vamos a apostar? Supóngase que las apuestas están igualadas en el sentido de que la humanidad se librará del muro ambiental. Mejor aún, hagámoslas dos a uno: pasamos el muro o chocamos con él. Apostar por un paso sin problemas es una elección terrible, porque el monto de la apuesta se refiere prácticamente a todo. Uno se ahorra algún tiempo y energía ahora al hacer esta elección y no emprender acción ninguna, pero si pierde la apuesta de esta manera, el costo será ruinoso. En ecología, como en medicina, un diagnóstico positivo falso es una inconveniencia, pero un diagnóstico negativo falso puede ser catastrófico. Esta es la razón por la que a ecólogos y médicos no les gusta apostar en absoluto, y si tienen que hacerlo es siempre por el lado de la cautela. Es un error rechazar por alarmista a un ecólogo preocupado o a un médico preocupado.

En el mejor de los casos, se avecina un cuello de botella o atolladero ecológico en el siglo XXI. Producirá el despliegue de un nuevo tipo de historia impulsada por el

cambio ambiental. O quizá un despliegue a una escala global del viejo tipo de historia, que vio el hundimiento de las civilizaciones regionales, que se remontan a la historia más antigua, en el norte de Mesopotamia, y a continuación Egipto, después los mayas y muchas otras civilizaciones dispersas por todos los continentes habitados con excepción de Australia. La gente murió en gran número, con frecuencia de manera horrible. A veces pudieron emigrar y desplazar a otros pueblos, haciendo que estos murieran a su vez de maneras horribles.

Arqueólogos e historiadores se afanan por buscar las razones del hundimiento de las civilizaciones. Señalan la sequía, el agotamiento del suelo, la superpoblación y la guerra (por separado o en alguna permutación). Sus análisis son persuasivos. Los ecólogos añaden otra perspectiva, con esta explicación. Las poblaciones alcanzaron la capacidad de carga (o portadora) local, en la que el crecimiento ulterior ya no podía ser sostenido con la tecnología disponible. En aquel punto la vida solía ser buena, especialmente para las clases dirigentes, pero frágil. Entonces, un cambio tal como una sequía o la reducción del acuífero o una guerra devastadora, redujo la capacidad de carga. La tasa de mortalidad aumentó mucho y la de natalidad se redujo (por la desnutrición y la enfermedad), hasta que se alcanzaron niveles de población más bajos y más sostenibles.

El principio de la capacidad de carga viene ilustrado por la historia reciente de Ruanda, un país pequeño, hermoso y montañoso que antaño rivalizaba con Uganda por el título de perla de África Central. Hasta el siglo actual, Ruanda sostenía solo una densidad de población modesta. Durante quinientos años, una dinastía tutsi gobernaba a una mayoría hutu. En 1959 los hutus se rebelaron, haciendo que muchos tutsis huyeran a los países vecinos. En 1994 el conflicto se agudizó, y unidades del ejercito ruandés mataron cruelmente a cerca de medio millón de tutsis y de hutus moderados. Entonces un ejército tutsi, el Frente Patriótico Ruandés, contraatacó, capturando la capital, Kigali. A medida que los tutsis avanzaban por el campo, dos millones de refugiados hutus huyeron ante este ejército, dispersándose por Zaire, Tanzania y Burundi. En 1997, Zaire, que entonces se denomina República del Congo, obligó a muchos refugiados hutus a retornar a Ruanda. En el torbellino, miles de ellos murieron de hambre y enfermedades.

Superficialmente parecería, tal como se informó en los medios de comunicación, que la catástrofe de Ruanda era una rivalidad étnica que había experimentado un acceso de locura. Ello es cierto solo en parte. Había una causa más profunda, arraigada en el ambiente y la demografía. Entre 1950 y 1994 la población de Ruanda, favorecida por una mejor sanidad y suministros alimentarios temporalmente aumentados, más que triplicó su población, pasando de 2,5 millones a 8,5 millones de habitantes. En 1992 el país tenía la mayor tasa de aumento del mundo, una media de 8 hijos por cada mujer. El primer parto tenía lugar muy pronto, y los tiempos de generación eran cortos. Pero aunque la producción total de alimentos aumentó de forma espectacular durante este período, pronto se vio desequilibrada por el

crecimiento demográfico. El tamaño medio de las explotaciones agrícolas se redujo, al dividirse las parcelas de una generación a la siguiente. La producción de cereales per cápita se redujo a la mitad entre 1960 y los primeros años de la década de 1990. Los recursos hídricos estaban tan sobreexplotados que los hidrólogos clasificaron Ruanda como uno de los veintisiete países con escasez de agua. Y entonces los soldados adolescentes de los hutus y los tutsis se dispusieron a resolver el problema demográfico de la manera más directa posible.

Ruanda es un microcosmos del mundo. La guerra y los conflictos civiles tienen muchas causas, la mayoría no relacionadas directamente con el estrés ambiental. Pero, en general, la superpoblación y la reducción consiguiente de recursos disponibles son yesca que la gente acumula a su alrededor. La ansiedad y las privaciones se traducen en enemistad, y la enemistad en agresión moral. Se identifican los chivos expiatorios, a veces otros grupos étnicos o políticos, a veces tribus vecinas. La yesca continúa aumentando, a la espera del asesinato ocasional, de la incursión territorial, de la atrocidad o de otro incidente provocador que la encienda. Ruanda es el país más superpoblado de África. Burundi, un país vecino destrozado por la guerra, el segundo. Haití y El Salvador, dos de los países crónicamente más problemáticos del hemisferio occidental, se encuentran asimismo entre los más densamente poblados, superados solo por cinco minúsculos países insulares del Caribe. Es evidente que también son los más degradados desde el punto de vista ambiental.

El crecimiento demográfico puede calificarse justamente como el monstruo de la tierra. En la medida en que pueda ser domesticado, el paso por el atolladero será fácil. Supongamos que el último de los viejos tabúes reproductivos se desvanece, y la planificación familiar se hace universal. Supóngase, además, que los gobiernos crean policías de población con la misma gravedad que dedican a las policías económicas y militares. Y que, como resultado, la población global alcanza su máximo a los 10 000 millones y empieza a reducirse. Habiendo alcanzado el CDN (crecimiento demográfico negativo), hay base para la esperanza. Si no se alcanza, los mejores esfuerzos de la humanidad fracasarán, y el cuello de botella se cerrará hasta formar un muro sólido.

Los mejores esfuerzos de la humanidad incluirán todos los remiendos tecnológicos para un planeta superpoblado que el genio pueda diseñar. Ya existen sobre el papel un número infinito de proyectos que aguardan. La conversión del petróleo nitrogenasado en alimentos es una posibilidad remota. Las granjas de algas en mares someros es otra. La crisis del agua puede paliarse mediante la desalinización de agua de mar con energía procedente de la fusión controlada o de la tecnología de células de combustible. Quizá cuando las plataformas de hielo polares se rompan debido al caldeamiento global se podrá extraer más agua dulce de los icebergs remolcados hasta costas secas. Con un superávit de energía y de agua dulce, es posible la revegetación agrícola de desiertos áridos. En estas tierras recuperadas

puede aumentarse la producción de pulpa con «hierba madera», especies de árboles de crecimiento rápido, fijadoras de nitrógeno que pueden cosecharse con cosechadoras gigantes y después producen nuevos brotes a partir de los tocones cortados. Muchos de tales proyectos se intentarán a medida que aumente la demanda, y unos pocos tendrán éxito. Serán impulsados por capital empresario y subsidios gubernamentales en la economía global de libre mercado. Cada avance reducirá el riesgo de la calamidad económica a corto plazo.

Pero ¡seamos cautos! Cada avance es también una prótesis, un dispositivo artificial que depende de conocimientos avanzados y de la gestión intensa y continua. Al sustituir una parte del ambiente natural de la Tierra, se añade su propio riesgo a largo plazo. La historia humana puede mirarse a través de la lente de la ecología como la acumulación de prótesis ambientales. A medida que estos procedimientos artificiales aumentan y se entrelazan, aumentan la capacidad de carga del planeta. Los seres humanos, al ser organismos típicos en su respuesta reproductora, se expanden para llenar la capacidad añadida. La espiral continúa. El ambiente, cada vez más equipado y apuntalado para enfrentarse a las nuevas demandas, hace que cada nuevo paso sea más delicado. Requiere una atención constante de una tecnología cada vez más refinada.

El trinquete del progreso parece irreversible. Así pues, he aquí el mensaje para los primitivistas, que sueñan con el equilibrio de la naturaleza en medio de una serenidad del paleolítico: «Demasiado tarde». Dejad a un lado el arco y las flechas, olvidad la recolección de bayas silvestres; la selva se ha convertido en una reserva natural amenazada. El mensaje para ambientalistas y exencionalistas: «Uníos». Hemos de lanzarnos hacia delante y sacar el mejor partido, preocupados pero confiando en el éxito, con nuestra esperanza bien expresada en los versos de Hotspur en *Enrique IV*: «I tell you, my lord fool, out of this nettle, danger, we pluck this flower, safety[44]».

El objetivo común debe ser aumentar los recursos y mejorar la calidad de vida para tantas personas como el crecimiento demográfico descuidado ponga sobre la Tierra, y hacerlo con la mínima dependencia protésica. Esta, en esencia, es la ética del desarrollo sostenible. Es el sueño que adquirió aceptación general en la Cumbre de la Tierra, la histórica Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que tuvo lugar en junio de 1992 en Río de Janeiro. Los representantes de 172 naciones, entre ellos 106 jefes de gobierno, se encontraron para establecer pautas mediante las cuales se pudiera alcanzar un orden mundial sostenible. Firmaron convenios vinculantes sobre el cambio climático y la protección de la diversidad biológica. Aceptaron los cuarenta capítulos no vinculantes de la Agenda 21, que ofrece procedimientos mediante los cuales pueden abordarse, si no resolverse, prácticamente todos los problemas generales del ambiente. La mayoría de las iniciativas quedaron empañadas por pendencias políticas surgidas del egoísmo nacional, y posteriormente la cooperación global se vio limitada principalmente al ejercicio retórico de los acontecimientos oficiales. El gasto adicional de 600 millones

de dólares recomendado para poner en marcha la Agenda 21, de los que 125 millones habían de ser donados por los países industrializados a los países en vías de desarrollo, no se ha materializado. Aun así, el principio del desarrollo sostenible, una idea que antes era poco más que el sueño de una élite ambientalista, ha sido aceptado de manera general. En 1996, al menos 117 gobiernos habían nombrado comisiones para el desarrollo de estrategias de la Agenda 21.

Al final, la medida del éxito de la Cumbre de la Tierra y de todas las demás iniciativas globales será la reducción de la huella ecológica total. A medida que la población mundial aumenta hasta los 8000 millones hacia el año 2020, la pregunta fundamental será la superficie de tierra productiva que será necesaria por término medio para proporcionar a cada persona del mundo un nivel de vida aceptable. Desde aquí, el objetivo ambiental prioritario será reducir la huella ecológica a un nivel que pueda ser sostenible por el frágil ambiente de la Tierra.

Gran parte de la tecnología que se precisa para alcanzar esta finalidad puede resumirse en dos objetivos. La descarbonización es el paso desde quemar carbón, petróleo y leña a fuentes de energía esencialmente ilimitadas, respetuosas con el ambiente, como las células de combustible, la fusión nuclear y la energía solar y la eólica. La desmaterialización, el segundo concepto, es la reducción en volumen del equipo físico informático y de la energía que consume. Todos los microchips del mundo, para poner el ejemplo contemporáneo más estimulante, pueden caber en la sala que albergaba el ordenador electromagnético Harvard Mark I en el alba de la revolución informática.

El mayor y único obstáculo intelectual al realismo ambiental, en oposición a la dificultad práctica, es la miopía de la mayoría de economistas profesionales. En el capítulo 9 describí la naturaleza insular de la teoría económica neoclásica. Sus modelos, aunque son elegantes ejemplares de gabinete de matemáticas aplicadas, ignoran en gran parte el comportamiento humano tal como lo entienden la psicología y la biología contemporáneas. Al carecer de este cimiento, las conclusiones describen a menudo mundos abstractos que no existen. El fallo es especialmente aparente en la microeconomía, que trata de las pautas de las opciones que toman los consumidores individuales.

La debilidad de la economía es más preocupante, sin embargo, por su fracaso general a la hora de incorporar el ambiente. Después de la Cumbre de la Tierra, y después de que verdaderas enciclopedias de datos compiladas por científicos y expertos en recursos han demostrado claramente las peligrosas tendencias del tamaño de la población y de la salud del planeta, los economistas más influyentes siguen haciendo recomendaciones como si el ambiente no existiera. Sus evaluaciones parecen los informes anuales de las empresas de corretaje prósperas. He aquí, por ejemplo, lo que dice Frederick Hu, director del equipo de investigación sobre competitividad del Fórum Económico Mundial, al explicar las conclusiones del influyente *Informe sobre Competitividad Global de 1996*:

A falta de la conquista militar, el crecimiento económico es el único medio viable para que un país experimente aumentos en la riqueza nacional y en el nivel de vida […] Una economía es competitiva a nivel internacional si funciona bien en tres áreas generales: entradas productivas abundantes tales como capital, trabajo, infraestructura y tecnología; políticas económicas óptimas como impuestos bajos, poca interferencia y libre mercado, e instituciones de mercado saneadas, como el imperio de la ley y la protección de los derechos de propiedad.

Esta receta, que resuena con el pragmatismo obstinado que se esperaría de un periódico económico, es válida para el crecimiento a medio plazo de naciones individuales. Es, seguramente, la mejor política que se puede recomendar durante las dos próximas décadas para Rusia (índice de competitividad: −2,36) y Brasil (-1,73) si quieren dar alcance a Estados Unidos (+1,34) y Singapur (+2,19). Nadie puede discutir en serio que una mejor calidad de vida para todos es el objetivo universal y no censurable de la humanidad. El libre mercado, el imperio de la ley y prácticas saneadas de mercado son los medios comprobados de conseguirlo. Pero las dos próximas décadas verán asimismo el salto de la población global desde los 6000 millones a los 8000 millones de personas, la mayoría entre los países más pobres. En este intervalo el agua y las tierras agrícolas se agotarán, los bosques serán deforestados y los hábitats costeros se esquilmarán. El planeta se encuentra ya en un estado precario. ¿Qué ocurrirá cuando la gigantesca China (-0,68) intente dar alcance al pequeño Taiwan (+0,96) y a los demás tigres asiáticos? Tendemos a olvidar, y los economistas son reacios a admitir, que los milagros económicos no son endógenos. Suelen ocurrir cuando los países consumen no solo sus recursos materiales propios, incluido el petróleo, la madera, el agua y los productos agrícolas, sino también los de otros países. Y ahora la globalización del comercio, acelerada por la tecnología y la liquidez de los valores negociables, ha hecho que la transferencia masiva de valores materiales sea mucho más fácil. Los productos de madera del Japón son las selvas destruidas de Asia tropical; el combustible de Europa, las reservas menguantes de petróleo de Oriente Medio.

En las hojas de los presupuestos nacionales los economistas raramente utilizan la contabilidad de costo total, que incluye la pérdida de recursos naturales. Un país puede talar todos sus árboles, extraer sus minerales más provechosos, agotar sus pesquerías, erosionar la mayor parte de su suelo, extraer su agua freática y considerar todas las ganancias como ingresos y ninguna reducción como costes. Puede contaminar el ambiente y promover políticas que hacinan a su populacho en barriadas urbanas pobres, sin cargar los resultados a gastos indirectos.

La contabilidad de costo total está ganando una cierta credibilidad entre los consejos de economistas y los ministerios de finanzas a los que asesora. La economía ecológica, una nueva disciplina, ha surgido para poner un pulgar verde en la mano invisible de la economía. Pero por ahora es influyente solo de manera marginal. Los índices de competitividad y los productos interiores brutos (PIB) siguen siendo seductores, y no hay que complicarlos en la teoría económica convencional añadiendo las engañosas complejidades de los costos ambientales y sociales. Ha

llegado el momento de que los economistas y los líderes empresariales, que con tanta presunción se jactan de ser los dueños del mundo real, reconozcan la existencia del mundo real *real*. Se necesitan nuevos indicadores del progreso que supervisen la economía, y en los que se pueda medir adecuadamente el mundo natural y el bienestar humano, y no solo la producción económica.

Con la misma finalidad considero de la mayor importancia, y me siento obligado a abogar por ello, que este nuevo cálculo incluya una poderosa ética de la conservación. Esperamos (con seguridad hemos de creer) que nuestra especie saldrá del atolladero ambiental en mejores condiciones que en las que entramos. Pero hay otra responsabilidad que cumplir a medida que efectuamos el paso: conservar la Creación manteniendo con nosotros la mayor cantidad del resto de la vida que nos sea posible.

La diversidad biológica, o biodiversidad para abreviar (que abarca todo el ámbito desde los ecosistemas a las especies dentro de los ecosistemas, y de ahí a los genes dentro de las especies), tiene problemas. Las extinciones en masa son habituales, especialmente en las regiones tropicales, donde se encuentra la mayor parte de la biodiversidad. Entre las más recientes se cuentan más de la mitad de las especies de peces de agua dulce de Asia peninsular, la mitad de las catorce especies de aves de la isla filipina de Cebú y más de noventa especies de plantas que crecen en una única cordillera en Ecuador. En Estados Unidos, se estima que se ha extinguido un 1% de todas las especies; otro 32% se encuentra en peligro.

Los expertos en conservación, en respuesta a lo que ahora perciben como una crisis, han ampliado en las tres últimas décadas su objetivo desde el panda, el tigre y otros animales carismáticos, para incluir hábitats enteros cuya destrucción pone en peligro la existencia de muchas especies.

Los «puntos calientes» de este tipo que se conocen en Estados Unidos incluyen los bosques montanos de Hawai, los matorrales costeros de California del sur, y las tierras altas arenosas de Florida central. Los países con un mayor número de puntos calientes en todo el mundo son Ecuador, Madagascar y las Filipinas. Cada uno de estos países ha perdido dos tercios o más de su pluviselva biológicamente muy rica, y lo que queda se encuentra bajo una amenaza continua. La lógica de los expertos en conservación que abordan el tema es sencilla: al concentrar los esfuerzos de conservación en estas áreas se puede salvar la mayor cantidad de biodiversidad al menor coste económico. Si se consigue que el esfuerzo forme parte del proceso político de planificación regional, el rescate de la biodiversidad puede asimismo obtener el mayor apoyo público posible.

Es notoriamente difícil estimar la tasa global de extinción, pero los biólogos, utilizando varios métodos indirectos de análisis, están de acuerdo en general en que, al menos en tierra, las especies están desapareciendo a una velocidad entre cien y mil veces más rápida que antes de la aparición del *Homo sapiens*. Las pluviselvas

tropicales son el lugar en el que se concentra la mayor parte del daño conocido. Aunque cubren menos del 6% de la superficie emergida, contienen más de la mitad de las especies de plantas y animales de todo el mundo. La tasa de desbroce y quema de las pluviselvas que sobreviven era en promedio del 1% anual durante las décadas de 1980 y 1990, un área que es aproximadamente igual a toda Irlanda. Tal magnitud de pérdida de hábitat significa que cada año el 0,25% o más de las especies forestales están condenadas a la extinción inmediata o rápida. ¿Cómo se traduce esta tasa en números absolutos? Si existen diez millones de especies en las selvas todavía en gran parte inexploradas, lo que algunos científicos piensan que es posible, la pérdida anual es de decenas de miles de especies. Incluso si «solo» hay un millón de especies, la pérdida se cuenta todavía en miles de especies anuales.

Estas proyecciones se basan en la relación conocida entre el área de un hábitat natural conocido y el número de especies que pueden vivir en el mismo por períodos indefinidos de tiempo. En realidad, tales proyecciones pueden ser subestimaciones. La eliminación directa del hábitat, el factor más fácil de medir, es la causa principal de extinción. Pero la introducción de especies exóticas agresivas y las enfermedades que transmiten se sitúan inmediatamente detrás en capacidad destructiva, seguidas a su vez por la sobrerrecolección de especies nativas.

Todos estos factores funcionan juntos de una manera compleja. Cuando se les pregunta qué factores causaron la extinción de una especie determinada, es probable que los biólogos den la respuesta de *Asesinato en el Orient Express*: todos lo hicieron. Una secuencia común en los países tropicales empieza con la construcción de carreteras en la selva, como las que trazaron a través del estado de Rondonia, en el Brasil amazónico, durante las décadas de 1970 y 1980. Los colonos en busca de tierras acuden, desbrozan el bosque a ambos lados de la carretera, contaminan los ríos, introducen plantas y animales extraños y cazan los animales nativos para obtener alimento extra. Muchas especies nativas se hacen raras y algunas desaparecen por completo. El suelo se agota a los pocos años, y los colonos se abren camino, cortando y quemando, hasta zonas más profundas de la selva.

La pérdida de biodiversidad que tiene lugar es la mayor desde el final de la era mesozoica, hace sesenta y cinco millones de años. En aquella época, según el consenso actual de los científicos, el impacto de uno o más meteoritos gigantes oscureció la atmósfera, alteró mucho el clima de la Tierra y extinguió los dinosaurios. Así empezó la fase siguiente de la evolución, la era cenozoica o Edad de los Mamíferos. El espasmo de extinción que ahora estamos infligiendo puede moderarse si así lo deseamos. De otro modo, el próximo siglo asistirá al fin de la era cenozoica y al nacimiento de otra caracterizada no por nuevas formas de vida, sino por el empobrecimiento biológico. Se la puede llamar apropiadamente «era eremozoica», la Edad de la Soledad.

He encontrado, durante muchos años de estudio de la diversidad biológica, que las personas suelen responder a la evidencia de la extinción de las especies entrando

en tres fases de negación. La primera es, simplemente, ¿por qué preocuparse? La extinción es natural. Las especies han estado extinguiéndose durante más de 3000 millones de años de la historia de la vida sin que ello haya supuesto un daño permanente para la biosfera. La extinción siempre ha sustituido a las especies extinguidas con otras nuevas.

Todas estas afirmaciones son ciertas, pero con una terrible peculiaridad. Después del espasmo del mesozoico, y después de cada una de las cuatro convulsiones previas espaciadas a lo largo de los 350 millones de años anteriores, la evolución necesitó unos 10 millones de años para restaurar los niveles de diversidad anteriores al desastre. Ante un tiempo de espera tan largo, y conscientes de que infligimos tanto daño a lo largo de una sola vida, nuestros descendientes van a estar (¿cómo decirlo mejor?) resentidos.

Entrando en la segunda fase de negación, la gente suele preguntar: ¿y por qué necesitamos tantas especies, de todos modos? ¿Por qué preocuparse, puesto que la gran mayoría son bichos, malas hierbas y hongos? Es fácil desechar a los bichejos rastreros y molestos del mundo, olvidando que hace menos de un siglo, antes del auge del actual movimiento de conservación, las aves y mamíferos nativos en todo el mundo eran tratados con la misma inexperta indiferencia. Ahora el valor de los pequeños seres en el mundo natural se ha hecho claro de manera convincente. Recientes estudios experimentales de ecosistemas completos apoyan lo que los ecólogos habían sospechado hacía tiempo: cuantas más especies viven en un ecosistema, mayor es su productividad y mayor su capacidad de soportar la sequía y otros tipos de estrés ambiental. Puesto que dependemos de ecosistemas funcionales para limpiar nuestra agua, enriquecer nuestro suelo y crear el aire mismo que respiramos, la biodiversidad es claramente algo que no se puede desechar de forma negligente.

Cada especie es una obra maestra de la evolución, que ofrece una enorme cantidad de conocimiento científico útil porque está tan completamente adaptada al ambiente en el que vive. Las especies que viven hoy en día tienen millones de años de antigüedad. Sus genes, al haber estado probados por la adversidad a lo largo de tantísimas generaciones, manipulan un conjunto asombrosamente complejo de dispositivos bioquímicos que ayudan a la supervivencia y la reproducción de los organismos que los portan.

Esta es la razón por la que, además de crear un ambiente habitable para la humanidad, las especies salvajes son el origen de productos que ayudan a sostener nuestra vida. No son las menores de estas comodidades los productos farmacéuticos. Más del 40% de todas las medicinas que dispensan las farmacias en Estados Unidos son sustancias extraídas originalmente de plantas, animales, hongos y microorganismos. La aspirina, por ejemplo, el medicamento más usado del mundo, se extrajo del ácido salicílico, que a su vez se descubrió en una especie de reina de los prados. Pero solo una fracción de las especies (probablemente menos del 1%) han

sido examinadas en busca de productos naturales que pudieran servir como medicinas. Hay una necesidad crítica y apremiante de encontrar nuevos antibióticos y agentes antimalaria. Las sustancias que más comúnmente se usan en la actualidad se hacen cada vez menos eficaces a medida que los organismos causantes de las enfermedades adquieren resistencia genética frente a ellas. Por ejemplo, una bacteria universal, el estafilococo, ha vuelto a aparecer recientemente como un agente potencialmente patógeno, y el microorganismo que produce la neumonía se está haciendo progresivamente más peligroso. Los investigadores médicos están enzarzados en una carrera armamentística contra los patógenos que evolucionan rápidamente, y que es seguro que se hará más intensa. Están obligados a dirigirse a un conjunto mayor de especies naturales con el fin de adquirir nuevas armas de la medicina en el siglo XXI.

Aun cuando se esté de acuerdo con todo esto, surge la tercera fase de la negativa: ¿por qué apresurarse a salvar todas las especies precisamente ahora? ¿Por qué no mantener ejemplares vivos en zoológicos y jardines botánicos y devolverlos más adelante a la naturaleza? La triste verdad es que en la actualidad todos los zoológicos del mundo pueden albergar un máximo de solo dos mil especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios de un total de veinticuatro mil que se sabe que existen. Los jardines botánicos del mundo estarían aún más hacinados por el cuarto de millón de especies de plantas. Estos refugios son valiosísimos para ayudar a salvar unas pocas especies en peligro. Y lo mismo puede decirse de congelar embriones en nitrógeno líquido. Pero tales medidas no pueden ni acercarse a resolver el problema en su conjunto. Para aumentar las dificultades, nadie ha diseñado todavía un refugio seguro para las legiones de insectos, hongos y otros pequeños organismos que son vitales.

Aún en el caso de que todo esto se consiguiera, y los científicos se prepararan para devolver la independencia a las especies, los ecosistemas en los que muchos vivieron ya no existirían. La tierra pelada no es suficiente. Los pandas y los tigres, por ejemplo, no pueden subsistir en arrozales abandonados. ¿Pueden reconstituirse los ecosistemas abandonados simplemente volviendo a poner todas las especies juntas? Esta hazaña es en la actualidad imposible, al menos para comunidades tan complejas como las selvas tropicales. El orden de dificultad, tal como describí en el capítulo 5, es comparable al de crear una célula viva a partir de moléculas, o un organismo a partir de células vivas.

Con el fin de visualizar el alcance del problema de manera más concreta, imagínese el lector que el último resto de pluviselva de un pequeño país tropical está a punto de quedar sumergido por el agua represada por un embalse creado para una central hidroeléctrica. Bajo las aguas desaparecerá un número desconocido de especies vegetales y animales que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. No puede hacerse nada. La energía eléctrica es necesaria; los líderes políticos locales son inflexibles. ¡Las personas son lo primero! En los últimos y desesperados meses, un equipo de biólogos brega por salvar la fauna y la flora. Su misión es la siguiente:

recolectar rápidamente muestras de todas las especies, antes de que la presa se termine. Mantener las especies en zoológicos, jardines y cultivos de laboratorio, o bien congelar los embriones obtenidos de las especies en nitrógeno líquido. Después reunir de nuevo las especies y resintetizar la comunidad en un terreno nuevo.

La situación actual de la ciencia es tal que los biólogos no podrían realizar una tarea de este tipo, ni siquiera si hubiera miles de ellos con un presupuesto de mil millones de dólares. Ni siquiera pueden imaginar cómo hacerlo. En el retazo de bosque viven miríadas de formas de vida: quizá 300 especies de aves, 500 de mariposas, zoo de hormigas, 50 000 de escarabajos, 1000 de árboles, 5000 de hongos, decenas de miles de especies de bacterias, y así sucesivamente a lo largo del extenso registro de los grupos principales. En muchos de los grupos, una gran minoría de especies son nuevas para la ciencia, sus propiedades completamente desconocidas. Cada especie ocupa un nicho preciso, que exige un determinado lugar, un microclima exacto, nutrientes concretos y ciclos de temperatura y humedad a los que están sincronizadas las fases secuenciales de los ciclos biológicos. Muchas de las especies están trabadas en simbiosis con otras especies, y no pueden sobrevivir a menos que se dispongan con sus consortes en las configuraciones correctas.

Así, incluso si los biólogos lograran el equivalente taxonómico del Proyecto Manhattan, eligiendo y conservando cultivos de todas las especies, no podrían ensamblar de nuevo la comunidad. Tal tarea, en cualquier parte del mundo, es equivalente a devolver la integridad a un huevo revuelto con un par de cucharas. Al final, quizá pueda hacerse, transcurridas algunas décadas. Pero por ahora la biología de los microorganismos necesarios para reanimar el suelo se desconoce en gran parte. Los polinizadores de la mayoría de las flores y los momentos concretos de su aparición pueden solo barruntarse. Las «reglas de montaje», la secuencia en la que debe permitirse que las especies colonicen con el fin de que puedan coexistir de forma indefinida, están todavía, en gran parte, en el reino de la teoría.

En este asunto, la opinión de biólogos y conservacionistas es prácticamente unánime: la única manera de salvar la Creación con el conocimiento actual es mantenerla en los ecosistemas naturales. Considerando lo rápidamente que estos hábitats se están reduciendo, incluso esta solución directa será una tarea gigantesca. De algún modo, la humanidad ha de encontrar la manera de pasar por el atolladero sin destruir el ambiente del que depende el resto de la vida.

El legado de la Ilustración es la creencia de que sobre la base de nuestro propio esfuerzo podemos conocer y, al conocer, comprender, y al comprender, escoger con prudencia. Esta autoconfianza ha aumentado con el crecimiento exponencial del saber científico, que está siendo tejido en una red creciente y completamente explicativa de causa y efecto. En el decurso de la empresa, hemos aprendido mucho acerca de nosotros mismos como especie. Ahora comprendemos mejor de dónde procede la humanidad, y qué es. El *Homo sapiens*, como el resto de seres vivos, fue

autoensamblado. De modo que aquí estamos, y nadie nos ha conducido hasta esta situación, nadie ha mirado por encima de nuestro hombro: nuestro futuro está completamente en nuestras manos. Al haber reconocido de esta manera la autonomía humana, ahora habremos de sentirnos más dispuestos a reflexionar acerca de dónde queremos ir.

En tal empresa no hay suficiente con decir que la historia se despliega mediante procesos demasiado complejos para un análisis reduccionista. Esta es la bandera blanca del intelectual seglar, el equivalente modernista y perezoso de La Voluntad de Dios. Por otra parte, es demasiado pronto para hablar en serio de objetivos últimos, como ciudades perfectas rodeadas de verde y expediciones robotizadas a las estrellas más próximas. Es suficiente con hacer que el *Homo sapiens* se instale felizmente antes de que arruinemos el planeta. Se necesita una cantidad importante de pensamiento serio para navegar por las décadas inmediatas. Estamos mejorando en nuestra capacidad de identificar opciones de la economía política que es muy probable que sean ruinosas. Hemos empezado a sondear los cimientos de la naturaleza humana, que ha revelado qué es lo que más necesita la gente y por qué. Estamos entrando en una nueva era de existencialismo, no el existencialismo absurdo de Kierkegaard o Sartre, que daba autonomía completa al individuo, sino el concepto de que solo el saber unificado, compartido universalmente, hace posible la previsión precisa y la opción prudente.

En el decurso de todo ello estamos aprendiendo el principio fundamental de que la ética lo es todo. La existencia social humana, a diferencia de la animal, se basa en la propensión genética a formar contratos a largo plazo que por la cultura evolucionan en preceptos morales y ley. Las reglas de la formación de tales contratos no se le dieron a la humanidad desde arriba, ni surgieron aleatoriamente en la mecánica del cerebro. Evolucionaron a lo largo de decenas o cientos de milenios porque conferían supervivencia y la oportunidad de estar representados en las generaciones futuras, a los genes que los prescribían. No somos niños errabundos que ocasionalmente pecan por desobedecer instrucciones procedentes del exterior de nuestra especie. Somos adultos que hemos descubierto qué pactos son necesarios para la supervivencia, y hemos aceptado la necesidad de asegurarlos mediante juramento sagrado.

En principio, puede parecer que la búsqueda de la consiliencia aprisione la creatividad. Ocurre exactamente al revés. Un sistema unido de conocimiento es la manera más segura de identificar los ámbitos de la realidad todavía no explorados. Proporciona un mapa claro de lo que se sabe, y enmarca las cuestiones más productivas para la indagación futura. Los historiadores de la ciencia observan con frecuencia que plantear la pregunta correcta es más importante que obtener la respuesta correcta. La respuesta correcta a una pregunta trivial es también trivial, pero la pregunta correcta, aunque sea insoluble de forma exacta, es una guía para los grandes descubrimientos. Y así será siempre en las excursiones futuras de la ciencia y en los vuelos imaginativos de las artes.

Creo que en el proceso de localizar nuevas avenidas de pensamiento creativo llegaremos también a un conservadurismo existencial. Vale la pena preguntarse repetidamente: ¿dónde están nuestras raíces más profundas? Somos, a lo que parece, primates catarrinos del Viejo Mundo, animales emergentes brillantes, definidos genéticamente por nuestros orígenes únicos, bendecidos por nuestro genio biológico de reciente origen, y seguros en nuestra patria si así lo deseamos. ¿Qué significa todo ello? Esto es lo que significa. En la medida en que dependemos de dispositivos protésicos para mantenernos vivos y mantener viva la biosfera, lo tornaremos todo frágil. En la medida en que proscribamos al resto de los seres vivos, empobreceremos nuestra propia especie para toda la eternidad. Si acabamos renunciando a nuestra naturaleza genética frente al raciocinio ayudado por las máquinas, y si también renunciamos a nuestra ética y nuestro arte y nuestro significado mismo, a cambio de un hábito de divagaciones despreocupadas en el nombre del progreso, imaginándonos como dioses y absueltos de nuestra antigua herencia, nos convertiremos en nada.

# Notas bibliográficas

## CAPÍTULO 1. El hechizo jónico

Detalles autobiográficos de mi introducción a la síntesis científica a través de la experiencia religiosa se dan en mis memorias *Naturalist*, Washington, D. C., Island Press/Shearwater Books, 1994. [El lector interesado puede encontrar asimismo una breve introducción biográfica del autor en el segundo capítulo de Bert Hölldobler y Edward O. Wilson, *Viaje a las hormigas. Una historia de exploración científica,* Barcelona, Crítica, 1956.]

La idea del hechizo jónico la introduce Gerald Holton en *Einstein, History, and Other Passions*, Woodbury (Nueva York), American Institute of Physics Press, 1995; en ella se utiliza como ilustración la expresión que el propio Einstein hizo de la misma.

Arthur Eddington, con la finalidad de exaltar la valentía y la asunción de riesgos en cuanto componentes de los mayores empeños científicos, narró el relato de Dédalo e Ícaro en su Discurso de la Asociación Británica de 1920. Después la metáfora fue utilizada por Subrahmanyan Chandrasekhar para caracterizar el estilo de investigación de su amigo en *Eddington: The Most Distinguished Astrophysicist of His Time*, Nueva York, Cambridge University Press, 1983.

## CAPÍTULO 2. Las grandes ramas del saber

La naturaleza de la filosofía de la ciencia, dividida y a menudo contenciosa, se revela gráficamente en las entrevistas y conversaciones que Werner Callebaut registró

en *Taking the Naturalistic Turn, or, How Real Philosophy of Science is Done*, Chicago, University of Chicago Press, 1993.

Alexander Rosenberg sobre ciencia y filosofía: *The Philosophy of Social Science*, 1.ª ed., Oxford, Oxford University Press, 1988, p. 1.

*Sir* Charles Scott Sherrington habla del telar encantado en los siguientes términos: «Repentinamente la masa cefálica se convierte en un telar encantado en el que millones de destellantes lanzaderas entretejen un motivo que se disuelve, un motivo siempre con significado, aunque nunca duradero; una cambiante armonía de submotivos». (*Man On His Nature*, Conferencias Gifford, Edimburgo, 1937-1938, Nueva York, Macmillan, 1914, p. 225). [Robert Jastrow utiliza asimismo el símil de Sherrington en su libro *The enchanted loom (El telar mágico,* Barcelona, Salvat, 1985), en el que trata de la estructura y el funcionamiento del cerebro.]

Presenté por vez primera el concepto de historia profunda, una continuidad sin solución entre la prehistoria y la historia tradicional, en «Deep history», *Chronicles,* 14 (1990), pp. 16-18.

Sobre el analfabetismo científico en Estados Unidos: Morris H. Shamos, *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick (Nueva Jersey), Rutgers University Press, 1995, y David L. Goodstein, «After the big crunch», *The Wilson Quarterly*, 19 (1995), pp. 53-60.

Datos sobre la historia de la educación general en Estados Unidos los proporcionan Stephen H. Balch y otros, *The Dissolution of General Education: 1914-1993*, informe preparado por la National Association of Scholars, Princeton (Nueva Jersey), The Association, 1996.

## CAPÍTULO 3. La Ilustración

Isaiah Berlin elogió los logros de la Ilustración en *The Age of Enlightenment: The Eighteenth Century Philosophers,* Nueva York, Oxford University Press, 1979.

Mis fuentes para Condorcet fueron *Sketch for a Historical Picture of the Progress*

*of the Human Mind*, de Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marqués de Condorcet (1743-1794), una traducción parcial al inglés de Edward Goodell; Henry Ellis, *The Centenary of Condorcet*, Londres, William Reeves, 1894; Keith Michael Baker, *Condorcet: From Natural Philosophy to Social Mathematics*, Chicago, University of Chicago Press, 1975, y Edward Goodell, *The Noble Philosopher: Condorcet and the Enlightenment*, Buffalo (Nueva York), Prometheus Books, 1994.

El esbozo de la vida y la obra de Francis Bacon que presento aquí se extrajo de sus escritos y de muchas fuentes secundarias, siendo las más importantes James Stephens, *Francis Bacon and the Style of Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1975; Benjamín Farrington, *Francis Bacon: Philosopher of Industrial Science*, Nueva York, Octagon Books, 1979; Peter Urbach, *Francis Bacon's Philosophy of Science: An Account and a Reappraisal*, La Salle (Illinois), Open Court, 1987, y Catherine Drinker Bowen, *Francis Bacon: The Temper of a Man*, Nueva York, Fordham University Press, 1993. Urbach, en un análisis muy apreciativo, argumenta que Bacon abogaba por la formación de hipótesis imaginativas en todas las fases de la investigación y no se comprometía con la recogida de datos brutos al principio de la misma, lo que haría de él un pensador mucho más moderno de lo que sugieren las interpretaciones tradicionales de sus textos.

El hecho de situar a los fundadores de la Ilustración en papeles míticos de una aventura épica se inspiró en Joseph Campbell, *The Fiero with a Thousand Faces*, Nueva York, Pantheon Books, 1949, y en su aplicación a la cultura popular por parte de Christopher Vogler en *The Writer's Journey: Mythic Structure for Storytellers & Screenwriters*, Studio City (California), Michael Wiese Productions, 1992.

Una reciente y excelente descripción sobre la vida y los logros de Descartes la ofrece Stephen Gaukroger en *Descartes: An Intellectual Biography*, Nueva York, Oxford University Press, 1995. [El lector interesado puede consultar asimismo Eugenio Garin, *Descartes*, Barcelona, Crítica, 1989.]

La interpretación de Joseph Needham de la ciencia china se tomó de Colin A. Ronan, ed., *The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement of Joseph Needham's Original Text*, vol. 1, Nueva York, Cambridge University Press, 1995.

La observación de Einstein a Ernst Straus es citada por Gerald Holton en *Thematic Origins of Scientific Thought*, Cambridge, Harvard University Press, 1988.

La opinión de Goethe sobre la naturaleza que todo lo ve se ha tomado de *Gesammte Werke, Goethe*, vol. XXX, Stuttgart, Cotta, 1858, p. 313, según la tradujo *sir* Charles Scott Sherrington en *Goethe On Nature & On Science*, 2.ª ed., Nueva York, Cambridge University Press, 1949.

La traducción de la instrucción de Dios de Pico della Mirandola es una de las más deleitables desde el punto de vista poético, y se encuentra en Ernst Cassirer, Paul O. Kristeller y John H. Randall, Jr., eds., *The Renaissance Philosophy of Man*, Chicago, University of Chicago Press, 1948, p. 225.

El crecimiento de la ciencia desde 1700 es documentado y discutido por David L. Goodstein en «After the big crunch», *opus cit*.

Sobre el modernismo: Carl E. Schorske en *Fin-de-Siècle Vienna: Politics and Culture*, Nueva York, Knopf, 1980. Howard Gardner examina el modernismo desde la perspectiva de un psicólogo en *Creating Minds: An Anatomy of Creativity Seen Through the Lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham, and Gandhi*, Nueva York, BasicBooks, 1993, p. 397.

C. P. Snow deploraba la separación entre las culturas literaria y científica en su célebre tratado *The Two Cultures and the Scientific Revolution*, Nueva York, Cambridge University Press, 1959, basada en su conferencia Rede de 1959.

Las obras de Jacques Derrida en las que he basado mis impresiones (que admito, no son nada entusiastas) son *Of Grammatology*, trad. inglesa de Gayatri Chakravorty Spivak, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1976; *Writing and Difference*, trad. inglesa de Alan Bass, Chicago, University of Chicago Press, 1978, y *Dissemination*, trad. inglesa de Barbara Johnson, Chicago, University of Chicago Press, 1981. Dado el estilo deliberadamente surreal de Derrida, debo mucho a las exégesis de los traductores en sus introducciones.

Sobre las metáforas raíz en psicología: Kenneth J. Gergen, «Correspondence versus autonomy in the language of understanding human action», en Donald W. Fiske y Richard A. Shweder, eds., *Metatheory in Social Science: Pluralisms and Subjectivities*, Chicago, University of Chicago Press, 1986, pp. 145-146.

George Scialabba escribió sobre Michel Foucault en «The tormented quest of Michel Foucault», una crítica de James Miller, *The Passion of Michel Foucault*, Nueva York, Simon & Schuster, 1993, en *The Boston Sunday Globe*, 3 de enero de 1993, p. A12. Un comentario anterior y más completo del saber de Foucault, que incluye su «arqueología del conocimiento», lo proporciona Alan Sheridan en *Michel Foucault: The Will to Truth*, Londres, Tavistock, 1980.

# CAPÍTULO 4. Las ciencias naturales

Entre los muchos manuales y otros textos introductorios sobre los sentidos animales de que disponemos, uno de los mejores y más ampliamente utilizados es el de John Alcock, *Animal Behavior: An Evolutionary Approach*, 5.ª ed., Sunderland (Massachusetts), Sinauer Associates, 1993.

La descripción de Eugene P. Wigner de las matemáticas como lenguaje natural de la física está en «The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences», *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 13 (1960), pp. 1-14.

La versión de la electrodinámica cuántica (QED) y de las medidas de las propiedades del electrón se han tomado de David J. Gross, «Physics and mathematics at the frontier», *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 85 (1988), pp. 8371-8375, y de John R. Gribbin, *Schrödinger's Kittens and the Search for Reality: Solving the Quantum Mysteries*, Boston, Little Brown, 1995. Debo a Gribbin la imagen del vuelo de una aguja a través de Estados Unidos para ilustrar la precisión de la QED.

Las perspectivas de la nanotecnología, junto con el microscopio de barrido y de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica, se describen en B. C. Crandall, ed., *Nanotechnology: Molecular Speculations on Global Abundance*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1996. La fabricación de ROM de alta densidad se describe en *Science News*, 148 (1995), p. 58. La sincronización exacta de las reacciones químicas la describe Robert F. Service en «Getting a reaction in close-up», *Science*, 268 (1995), p. 1846, y las monocapas autoensambladas de moléculas como si fueran membranas las describe George M. Whitesides en «Self-assembling materials», *Scientific American*, 273 (1995), pp. 146-157.

El homenaje de Einstein a Planck se ha citado con frecuencia. No conozco la atribución original, pero las palabras pueden encontrarse, por ejemplo, en Walter Kaufmann, *The Future of the Humanities*, Nueva York, Reader's Digest Press, distribuido por Thomas Y. Crowell, 1977.

La individualidad del científico, sus flaquezas y su búsqueda de la investigación como forma de arte son temas que Freeman Dyson sondea de forma penetrante en «The scientist as rebel», *The New York Review of Books*, 25 de mayo de 1995, pp. 31-33. Sus opiniones sobre el tema, que ha desarrollado de forma independiente como físico, son en muchos aspectos muy similares a las mías.

El informe original sobre la duplicación de ADN conservado lo publicaron

Matthew S. Meselson y Franklin W. Stahl en *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 44 (1958), pp. 671-682. Agradezco a Meselson una explicación personal del experimento.

Mi sinopsis de la historia y contenido del positivismo lógico y la búsqueda de la verdad objetiva se basa en muchos textos y en discusiones informales con científicos y otras personas, pero se ha visto muy influida en los últimos años por Gerald Holton, *Science and Anti-Science*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1993, y Alexander Rosenberg, *Economics: Mathematical Politics or Science of Diminisbing Returns*?, Chicago, University of Chicago Press, 1992.

Herbert A. Simon ha escrito sobre la psicología del pensamiento creativo en «Discovery, invention, and development: human Creative thinking», *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 80 (1983), pp. 4569-4571.

## CAPÍTULO 5. El hilo de Ariadna

A lo largo de los años se han dado diversas interpretaciones metafóricas del laberinto cretense y del hilo de Ariadna. La que se acerca más a la mía, aunque es diferente en aspectos clave, es la de Mary E. Clark: *Ariadne's Thread: The Search for New Modes of Thinking*, Nueva York, St. Martin's Press, 1989. Clark interpreta el laberinto como los complejos problemas ambientales y sociales de la humanidad, y el hilo como las verdades objetivas y el pensamiento realista que se precisa para resolverlos.

Los detalles de la comunicación de las hormigas pueden encontrarse en Bert Hölldobler y Edward O. Wilson, *The Ants*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press de Harvard University Press, 1990, y *Journey to the Ants: A History of Scientific Exploration*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press de Harvard University Press, 1994.

La invocación de los antepasados por los jívaros se describe en Michael J. Harner, *The Jivaro: People of the Sacred Waterfalls*, Garden City (Nueva York), Double-day/Natural History Press, 1972. Los sueños y el arte de Pablo Amaringo se presentan en Luis Eduardo Luna y Pablo Amaringo, *Ayahuasca Visions: The*

*Religious Iconography of a Peruvian Shaman*, Berkeley (California), North Atlantic Books, 1991. [Pueden encontrarse más referencias a Amaringo y la reproducción de dos de sus pinturas en E. O. Wilson, *La diversidad de la vida*, Barcelona, Crítica, 1994.]

El conocimiento actual de la biología de los sueños se explica en J. Alian Hobson, *The Chemistry of Conscious States: How the Brain Changes Its Mind*, Boston, Little Brown, 1994, y *Sleep*, Nueva York, Scientific American Library, 1995. Muchos de los detalles técnicos de los estudios actuales de la estructura y la fisiología de los sueños se revisan en «Dream consciousness: a neurocognitive approach», *Consciousness and Cognition*, 3 (1994), pp. 1-128. Avi Karni y otros informan de investigaciones recientes sobre la función adaptativa del sueño en «Dependence on REM sleep of overnight improvement of a perceptual skill», *Science*, 265 (1994), pp. 679-682. [El lector interesado puede consultar Peretz Lavie, *El fascinante mundo del sueño*, Barcelona, Crítica, 1997.]

La relación entre serpientes vivas y serpientes oníricas en el origen de sueños y mitos que aquí se da se basa en gran parte en la importante monografía de Balaji Mundkur, *The Cult of the Serpent: An Interdisciplinar Survey of its Manifestations and Origins*, Albany (Nueva York), State University of New York Press, 1983, a lo que hay que añadir, con pocas modificaciones, las extensiones que hice en *Biophilia*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1984.

Utilicé por primera vez la imagen de las escalas de espacio-tiempo cambiantes como cinematografía mágica en *Biophilia*, *opus cit*. [El lector interesado puede realizar un recorrido parecido siguiendo los pasos que se explican en P. Morrison & P. Morrison, *Potencias de diez*, Barcelona, Prensa Científica, 1984.]

Al caracterizar la dificultad de predecir la estructura de las proteínas a partir de la interacción de sus átomos constituyentes, me sirvió de mucho un artículo no publicado presentado por S. J. Singer a la Academia Americana de Artes y Ciencias en diciembre de 1993; Singer ha revisado también amablemente mi texto.

Las interacciones de orden superior en las pluviselvas se describen en E. O. Wilson, *The Diversity of Life*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press de Harvard University Press, 1992, y en los ecosistemas en general en una sección especial que edita Peter Kareiva en la revista *Ecology*, 75 (1994), pp. 1527-1559.

Una introducción excelente al significado y objetivos de la teoría de la complejidad es la que hace Harold Morowitz en *Complexity*, 1 (1995), pp. 4-5; y Murray Gell-Mann en el mismo número, pp. 16-19. Entre las muchas exposiciones a gran escala sobre el tema que han aparecido en la década de 1990, las mejores

incluyen Jack Cohen e Ian Stewart, *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Nueva York, Oxford University Press, 1993, y *The Collapse of Chaos: Discovering Simplicity in a Complex World*, Nueva York, Viking, 1994. [Véase asimismo M. Gell-Mann, *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo*, Barcelona, Tusquets, 1995, y E. N. Lorenz, *La esencia del caos. Un modelo científico para la disparidad de la naturaleza*, Madrid, Debate, 1995.]

La célula como un sistema de redes genéticas es descrita por William F. Loomis y Paul W. Sternberg en «Genetic networks», *Science*, 269 (1995), p. 649. Su texto se basa en el informe, más técnico y extenso, de Harley H. McAdams y Lucy Shapiro en el mismo número, pp. 650-656.

El crecimiento exponencial en prestaciones de los ordenadores lo describen Ivars Peterson en «Petacrunchers: setting a course toward ultrafast supercomputing», *Science News*, 147 (1995), pp. 232-235, y David A. Patterson en «Microprocessors in 2020», *Scientific American*, 273 (1995), pp. 62-67. *Peta* se refiere al orden de magnitud $10^{15}$, o mil billones.

Marcia Barinaga informa acerca de las opiniones de los biólogos celulares sobre los problemas más importantes del desarrollo celular y organísmico en «Looking to development's future», *Science*, 266 (1994), pp. 561-564.

## CAPÍTULO 6. La mente

Muchos de los principales científicos del cerebro han escrito últimamente libros sobre el tema para el gran público. Por suerte, los de cosecha más reciente contienen en conjunto la gama completa de las opiniones que sostienen los miembros de la comunidad de investigadores. Entre los mejores de tales libros sobre la estructura del cerebro y los correlatos neurales y bioquímicos del comportamiento se cuentan: Paul M. Churchland, *The Engine of Reason, the Seat of the Soul: A Philosophical Journey into the Brain*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1995; Francis Crick, *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, Nueva York, Scribner, 1994; Antonio R. Damasio, *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, Nueva York, G. P. Putnam, 1994; Gerald M. Edelman, *Bright Air, Brilliant*

*Fire: On the Matter of the Mind*, Nueva York, BasicBooks, 1992; J. A. Hobson, *The Chemistry of Conscious States: How the Brain Changes Its Mind*, Boston, Little Brown, 1994; Stephen M. Kosslyn, *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1994; Stephen M. Kosslyn y Olivier Koenig, *Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience*, Nueva York, Free Press, 1992; Steven Pinker, *How the Mind Works*, Nueva York, W. W. Norton, 1997, y Michael L. Posner y Marcus E. Raichle, *Images of Mind*, Nueva York, Scientific American Library, 1994. Una revisión minuciosa de la investigación contemporánea sobre la emoción en Paul Ekman y Richard J. Davidson, eds., *The Nature of Emotion: Fundamental Questions*, Nueva York, Oxford University Press, 1994. La alusión poética a las divisiones del cerebro en latido cardíaco, fibras del corazón y sin corazón la hizo Robert E. Pool en *Eve's Rib: The Biological Roots of Sex Differences*, Nueva York, Crown, 1994.

El punto de vista contemporáneo de la experiencia consciente es explorado en diversos grados de penetración por los libros citados. Las muchas ramificaciones de la filosofía que ha abierto la investigación neurobiológica son el punto de atención principal de los siguientes libros notables: Patricia S. Churchland, *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1986; Daniel C. Dennett, *Consciousness Explained*, Boston, Little Brown, 1991, y *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*, Nueva York, Simon & Schuster, 1995, y John R. Searle, *The Rediscovery of the Mind*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1992.

Roger Penrose, en *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*, Nueva York, Oxford University Press, 1994, aduce que ni la ciencia convencional ni la computación artificial resolverán el problema de la mente. Intuye un enfoque radicalmente nuevo, que surge de la física cuántica y de una nueva interpretación de la fisiología celular: sin embargo, pocos científicos del cerebro sienten apremio por apartarse de la ruta de investigación actual, que ha avanzado de manera tan espectacular hasta el día de hoy.

Otros aspectos especiales de la investigación moderna sobre la consciencia se exploran en Margaret A. Boden, *The Creative Mind: Myths & Mechanisms*, Nueva York, Basic Books, 1991; Daniel Goleman, *Emotional Intelligence*, Nueva York, Bantam Books, 1995; José A. Jáuregui, *The Emotional Computer*, Cambridge (Massachusetts), Blackwell, 1995; Simon LeVay, *The Sexual Brain*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 1993, y S. Pinker, *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind*, Nueva York, W. Morrow, 1994.

Para construir mi breve resumen de la base física de la mente me he basado en grado diverso en cada uno de los libros anteriores y he consultado a algunos de los autores, así como a otros investigadores de las ciencias del cerebro. He utilizado asimismo las notables revisiones y comentarios de expertos que se publican en la revista *Behavioral and Brain Sciences*. [El lector interesado encontrará asimismo

referencias adecuadas, entre otros, en los siguientes textos recomendados: David H. Hubel, ed., *El cerebro*, Barcelona, Labor, 1980; Manuel Nieto, ed., *Función cerebral*, Barcelona, Prensa Científica, 1991; Gerald D. Fischbach, ed., *Mente y cerebro*, Barcelona, Prensa Científica, 1993; Ignacio Morgado, ed., *Psicología fisiológica*, Barcelona, Prensa Científica, 1994; Horace Barlow, Colin Blakemore y Miranda Weston-Smith, eds., *Imagen y conocimiento. Cómo vemos el mundo y cómo lo interpretamos*, Barcelona, Crítica, 1994.]

El número de genes implicados en el desarrollo del cerebro humano se menciona en «The Genome Directory», *Nature* (28 de septiembre de 1995), p. 8, tabla 8.

Las referencias a algunos ejemplos específicos citados en el capítulo son las siguientes. Sobre el caso de Phineas Gage y el papel del lóbulo prefrontal: Hanna Damasio y otros, «The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient», *Science*, 264 (1994), pp. 1102-1105; y A. Damasio, *opus cit.*; y sobre Karen Ann Quinlan y el papel del tálamo, Kathy A. Fac kelmann en «The conscious mind», *Science News*, 146 (1994), pp. 10-11. Sobre la exploración de las neuronas cerebrales: Santiago Ramón y Cajal, *Recuerdos de mi vida*, Madrid, 1901-1917; p. 363 de la traducción en las *Memoirs of the American Philosophical Society*, Philadelphia, 1937. Sobre el procesamiento categórico del cerebro de animales en contraposición a los utensilios: Alex Martin, Cheri L. Wiggs, Leslie G. Ungerleider y James V. Haxby, «Neural correlates of category-specific knowledge», *Nature*, 379 (1996), pp. 649-652. El ejemplo imaginario de la interacción entre cuerpo y cerebro se ha adaptado del que da A. Damasio, *opus cit*. El «problema difícil» de la ciencia del cerebro lo explica David J. Chalmers en «The puzzle of conscious experience», *Scientific American*, 273 (diciembre de 1995), pp. 80-86. d. C. Dennett lo ha explorado a fondo y lo ha resuelto de manera independiente en *Consciousness…*, *opus cit*. La interpretación de Simon Leys de la caligrafía china se presenta en Jean François Billeter, *The Chinese Art of Writing*, Nueva York, Skira/Rizzoli, 1990, en *The New York Review of Books*, 43 (1996), pp. 28-31.

La definición de inteligencia artificial (IA) utilizada es de un ensayo de Gordon S. Novak, Jr., en Christopher Morris, ed., *Academic Press Dictionary of Science and Technology*, San Diego, Academic Press, 1992, p. 160. Una descripción excelente del uso de la IA para jugar a ajedrez y a otros juegos deterministas (damas, go y *bridge*) la da Fred Guterl en «Silicon Gambit», *Discover*, 17 (junio de 1996), pp. 48-56.

## **CAPÍTULO 7. De los genes a la cultura**

Toda la concepción de coevolución entre genes y cultura (así como el término mismo) fue introducida por Charles J. Lumsden y E. O. Wilson en *Genes, Mind, and Culture: The Coevolutionary Process*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1981, y *Promethean Fire*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1983. Modelos clave de la interacción entre la herencia y la cultura que llevaron a esta formulación fueron construidos por Robert Boyd y Peter J. Richerson en 1976, Mark W. Feldman y L. Luca Cavalli-Sforza en 1976, William H. Durham en 1978, y yo mismo en 1978. Revisiones recientes de la coevolución entre genes y cultura tal como ha progresado hasta la actualidad incluyen las de W. H. Durham, *Coevolution: Genes, Culture, and Human Diversity*, Stanford (California), Stanford University Press, 1991; Kevin N. Laland, «The mathematical modelling of human culture and its implications for psychology and the human sciences», *British Journal of Psychology*, 84 (1993), pp. 145-169, y François Nielsen, «Sociobiology and sociology», *Annual Review of Sociology*, 20 (1994), pp. 267-303. Todos estos autores han realizado contribuciones importantes. Cada uno de ellos pone énfasis e interpretaciones distintos en las diferentes secciones del ciclo coevolutivo, y sin duda cuestionarían algunos detalles de la breve interpretación que aquí se presenta, pero creo que el núcleo de mi argumento se acerca mucho al consenso.

El libro de Jacques Monod *Le hasard et la nécessité. Une ésquisse sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, París, Seuil, 1970, contiene como epígrafe esta afirmación de Demócrito: «Todo lo que existe en el universo es fruto del azar y de la necesidad».

Sobre la definición de cultura, véase Alfred L. Kroeber, *Anthropology*, con suplementos 1923-1933, Nueva York, Harcourt, Brace and World, 1933; Alfred L. Kroeber y Clyde K. M. Kluckhohn, «Culture: a critical review of concepts and definitions», en *Papers of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology*, Harvard University, vol. 47, núm. 12, pp. 643-644 y 656, Cambridge (Massachusetts), The Peabody Museum, 1952, y Walter Goldschmidt, *The Human Career: The Self in the Symbolic World*, Cambridge (Massachusetts), Blackwell, 1990. Para un estudio de la corrupción del término «cultura» en la literatura popular reciente, consúltese Christopher Clausen, «Welcome to post-culturalism», *The American Scholar*, 65 (1996), pp. 379-388.

La naturaleza de la inteligencia en los bonobos y en otros grandes simios, así como la cultura (o su ausencia), es objeto de una bibliografía reciente y variada. Los temas que he tratado aquí los presentan en mayor detalle y en varias partes E. Sue

Savage-Rumbaugh y Roger Lewin en *Kanzi: The Ape at the Brink of the Human Mind*, Nueva York, Wiley, 1994; Richard W. Wrangham, W. C. McGrew, Frans de Waal y Paul G. Heltne, eds., *Chimpanzee Cultures*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1994; dos revisiones generales por F. de Waal: *Peacemaking among Primates*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1989, y *Good Natured: The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1996; y Joshua Fischman, «New clues surface about the making of the mind», *Science*, 262 (1993), p. 1517. El silencio de los chimpancés en contraste con la volubilidad compulsiva de los seres humanos lo describe John L. Locke en «Phases in the child's development of language», *American Scientist*, 82 (1994), pp. 436-445. La evaluación del habla y de los vínculos la examina Anne Fernald en «Human maternal vocalization to infants as biologically relevant signals: an evolutionary perspective», en Jerome H. Barkow, Leda Cosmides y John Tooby, eds., *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, Nueva York, Oxford University Press, 1992, pp. 391-428.

La precocidad de la imitación infantil es descrita por Andrew N. Meltzoff y M. Keith Moore en «Imitation of facial and manual gestures by human neonates», Science, 19 (1977), pp. 75-78, y «Newborn infants imitate adult facial gestures», *Child Development*, 54 (1983), pp. 702-709.

Los primeros estadios de la cultura humana, tal como nos revelan los descubrimientos arqueológicos recientes, los describen Ann Gibbons, «Old dates for modern behavior», *Science*, 268 (1995), pp. 495-496; Michael Baker, «Did *Homo erectus* tame fire first?», *Science*, 268 (1995), p. 1570; y Elizabeth Culotta, «Did Kenya tools root birth of modern though in Africa?», *Science*, 270 (1995), pp. 1116-1117. La proliferación moderna de cultura material la describe Henry Petroski, «The evolution of artifacts», *American Scientist*, 80 (1992), pp. 416-420.

La distinción entre las dos clases básicas de memoria la hizo Endel Tulving en E. Tulving y Wayne Donaldson, eds., *Organization of Memory*, Nueva York, Academic Press, 1972, pp. 382-403.

La definición de los memes, las unidades de cultura, como nodos en la memoria semántica, fue propuesta por Charles J. Lumsden y E. O. Wilson, «The relation between biological and cultural evolution», *Journal of Social and Biological Structures*, 8 (1985), pp. 343-359.

La introducción a las medidas de la norma de reacción y de la heredabilidad es actualmente habitual en los manuales generales de genética, así como en muchos textos de biología general. Explicaciones y aplicaciones más detalladas las proporcionan, entre las numerosas referencias disponibles, las siguientes: Douglas S.

Falconer y Trudy F. C. Mackay, *Introduction to Quantitative Genetics*, 4.ª ed., Essex (Inglaterra), Longman, 1996; Michael R. Cummings, *Human Heredity: Principies and Issues*, 4.ª ed., Nueva York, West Publishing, 1997, y Robert Plomin y otros, *Bebavioral Genetics*, 3.ª ed., Nueva York, W. H. Freeman, 1997. Thomas J. Bouchard y otros ofrecen un resumen de algunas investigaciones importantes recientes sobre la heredabilidad de las características del comportamiento humano en «Sources of human psychological differences: The Minnesota study of twins reared apart», *Science*, 250 (1990), pp. 223-228. [El lector interesado encontrará tres textos muy recomendables de introducción a estos temas: Richard Lewontin, *La diversidad humana*, Barcelona, Prensa Científica, 1984; L. Cavalli-Sforza y F. Cavalli-Sforza, *Quiénes somos. Historia de la diversidad humana*, Barcelona, Crítica, 1994, y Stephen Jay Gould, *La falsa medida del hombre*, ed. revisada y ampliada, Barcelona, Crítica, 1997. Este último es, al mismo tiempo, un alegato excelente contra los planteamientos discriminatorios en función de la raza, el sexo o el nivel social en la especie humana; la refutación de los argumentos de *The Bell Curve* es especialmente oportuna.]

Investigaciones recientes sobre la base biológica de la esquizofrenia las resumen Leena Peltonen, «All out for chromosome six», *Nature*, 378 (1995), pp. 665-666; B. Brower, «Schizophrenia: fetal roots for GABA loss», *Science News*, 147 (1995), p. 247, y, sobre la actividad cerebral durante los episodios psicóticos, D. A. Silbersweig y otros, «A functional neuroanatomy of hallucinations in schizophrenia», *Nature*, 378 (1995), pp. 176-179, y R. J. Dolan y otros, «Dopaminergic modulation of impaired cognitive activation in the anterior cingulate cortex in schizophrenia», *Nature*, 378 (1995), pp. 180-182.

El número estimado de poligenes que determinan el color de la piel humana lo discute Curt Stern, *Principies of Human Genetics*, 3.ª ed., San Francisco, W. H. Freeman, 1973.

Las proposiciones universales de la cultura fueron identificadas por George P. Murdock, «The common denominator of cultures», en Ralph Linton, ed., *The Science of Man in the World Crisis*, Nueva York, Columbia University Press, 1945. Donald E. Brown proporciona una excelente puesta al día y evaluación con ayuda de principios antropológicos y sociobiológicos en *Human Universals*, Philadelphia, Temple University Press, 1991.

Mi ejercicio imaginario sobre la civilización de los termes, que se presenta para destacar el carácter único de la naturaleza humana, se ha tomado de «Comparative social theory», *The Tanner Lectures on Human Values*, vol. 1, Salt Lake City, University of Utah Press, 1980, pp. 49-73.

La convergencia de instituciones en las sociedades avanzadas del Viejo y del Nuevo Mundo fue caracterizada por Alfred V. Kidder, «Looking backward», *Proceedings of the American Philosophical Society*, 83 (1940), pp. 527-537.

El principio del aprendizaje preparado fue formulado por Martin E. P. Seligman y otros, *Biological Boundaries of Learning*, compilado por Seligman y Joanne L. Hager, Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1972.

Las reglas epigenéticas del comportamiento social humano las enumeraron y clasificaron C. J. Lumsden y E. O. Wilson, *Genes…*, *opus cit*. Entre los mejores tratamientos generales de las reglas en años recientes se cuentan Irenäus Eibl-Eibesfeldt, *Human Ethology*, Hawthorne (Nueva York), Aldine de Gruyter, 1989; William H. Durham, *opus cit.*, y J. H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby, eds., *opus cit.*, y especialmente el ensayo de Tooby y Cosmides, «The psychological foundations of culture», pp. 19-136. [El lector interesado consultará con provecho los siguientes textos de I. Eibl-Eibesfeldt: *Etología. Introducción al estudio comparado del comportamiento*, Barcelona, Omega, 1974; *El hombre preprogramado. Lo hereditario como factor determinante en el comportamiento humano*, Madrid, Alianza, 1977; *Amor y odio. Historia del comportamiento humano*, Barcelona, Salvat, 1986, y *Guerra y paz. Una visión de la etología*, Barcelona, Salvat, 1987.]

La transición desde el reflejo de Moro de los recién nacidos al reflejo de sobresalto se ha tomado de L. E. Holt y John Howland, *Holt's Diseases of Infancy and Childhood*, 11.ª ed. revisada por L. E. Holt, Jr. y Rustin McIntosh, Nueva York, D. Appleton-Century, 1940. El sesgo audiovisual universal en los vocabularios de los sentidos se basa en investigaciones realizadas por C. J. Lumsden y E. O. Wilson y presentadas en *opus cit.*, pp. 38-40. La rápida fijación por parte de los recién nacidos de la cara de la madre fue establecida por vez primera en experimentos realizados por Carolyn G. Jirari, de los que se informó en una tesis doctoral citada por Daniel G. Freedman en *Human Infancy: An Evolutionary Perspective*, Hillsdale (Nueva Jersey), L. Erlbaum Associates, 1974. Los resultados fueron confirmados y ampliados en Mark Henry Johnson y John Morton, *Biology and Cognitive Development: The Case of Pace Recognition*, Cambridge (Massachusetts), B. Blackwell, 1991.

La pauta intercultural de la sonrisa procede de un relato de Melvin J. Konner, «Aspects of the developmental ethology of a foraging people», en Nicholas G. Blurton Jones, *Ethological Studies of Child Behavior*, Nueva York, Cambridge University Press, 1972, p. 77, y de dos contribuciones de I. Eibl-Eibesfeldt: «Human ethology: concepts and implications for the sciences of man», *Behavioral and Brain Sciences*, 2 (1979), pp. 1-57, y *Human…*, *opus cit*. La presentación combinada que se ofrece aquí se ha tomado, con pocos cambios, de C. J. Lumsden y E. O. Wilson, *opus*

*cit.*, pp. 77-78.

El relato sobre la reificación y el principio diádico se basa en C. J. Lumsden y E. O. Wilson, *opus cit.*, pp. 93-95, con el ejemplo de los dusun de Borneo tomado de Thomas Rhys Williams, *Introduction to Socialization: Human Culture Transmited,* St. Louis (Missouri), C. V. Mosby, 1972.

La herencia de la dislexia es tratada por Chris Frith y Uta Frith en «A biological marker for dyslexia», *Nature*, 382 (1996), pp. 19-20. El estado actual de la genética del comportamiento en los animales y los seres humanos se ha evaluado de forma muy competente en una serie de artículos publicados bajo el epígrafe «Behavioral genetics in transition», en *Science*, 264 (1994), pp. 1686-1739.

El «gen de la agresión» holandés es analizado por H. G. Brunner y otros en «X-linked borderline mental retardation with prominent behavioral disturbance: phenotype, genetic localization, and evidence for disturbed monoamine metabolism», *American Journal of Human Genetics*, 52 (1993), pp. 1032-1039. Sobre el gen asociado con la búsqueda de novedades informan Richard P. Ebstein y otros en «Dopamine D4 receptor (D4DR) exon III polymorphism asso ciated with the human personality trait of Novelty Seeking», *Nature Genetics*, 12 (1996), pp. 78-80.

La referencia al paralenguaje se basa en un estudio global realizado por I. Eibl-Eibesfeldt, *Human…, opus cit.*, pp. 424-492.

La descripción que se da aquí sobre el origen de los vocabularios del color se ha reunido a partir de muchas fuentes, pero en su mayor parte procede de la importante serie de artículos, recientemente publicada, de Denis Baylor, John Gage, John Lyons y John Mollon, en Trevor Lamb y Janine Bourriau, eds., *Colour: Art & Science*, Nueva York, Cambridge University Press, 1995. La descripción de los estudios interculturales del vocabulario del color se ha modificado de C. J. Lumsden y E. O. Wilson, *Promethean…, opus cit.* También he considerado (y recomiendo) una crítica informativa de la principal explicación psicofisiológica que proporcionan múltiples autores, y que otros (que constituyen la mayoría) defienden obstinadamente en la revista que reúne comentarios de expertos en el tema *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 2 (1997), pp. 167-228. Agradezco a William H. Bossert y George F. Oster el cálculo del máximo teórico y del número máximo real, limitado, de vocabularios del color que pueden crearse a partir de once colores básicos.

# CAPÍTULO 8. La eficacia de la naturaleza humana

Muchas de las ideas que se refieren a la naturaleza humana y al papel de las reglas epigenéticas que se presentan aquí fueron desarrolladas por primera vez por C. J. Lumsden y E. O. Wilson, *Genes…*, *opus cit.*, y *Promethean…*, *opus cit.* Las reglas epigenéticas son asimismo uno de los temas centrales de J. H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby, eds., *opus cit*.

La aproximación «clásica» de la sociobiología a la evolución de la cultura es objeto de una excelente colección de artículos y críticas en Laura L. Betzig, ed., *Human Nature: A Critical Reader*, Nueva York, Oxford University Press, 1997. Gran parte de la investigación publicada y sintetizada en las décadas de 1980 y 1990 ha aparecido en las revistas *Ethology and Sociobiology, Behavioral and Brain Sciences* y *Human Nature*. La historia intelectual de la sociobiología y de otras aproximaciones evolutivas al comportamiento humano es analizada por Carl N. Degler, *In Search of Human Nature: The Decline & Revival of Darwinism in American Social Thought*, Nueva York, Oxford University Press, 1997.

Los orígenes de la teoría de selección de parentesco y la teoría de la familia, que se deben en especial a William D. Hamilton y Robert L. Trivers, son revisados en E. O. Wilson, *Sociobiology: The New Synthesis*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press de Harvard University Press, 1975, y en muchos otros manuales y recensiones, entre los que está, muy reciente, L. L. Betzig, ed., *opus cit*.

Versiones bien documentadas de diferencias de género y estrategias sexuales en particular son los temas de L. L. Betzig, *Despotism and Differential Reproduction: A Darwinian View of History*, Nueva York, Aldine, 1986; David M. Buss, *The Evolution of Desire: Strategies of Human Mating*, Nueva York, BasicBooks, 1994, y R. E. Pool, *opus cit*.

El concepto de que la agresión territorial surge como un factor dependiente de la densidad en la regulación de la población fue introducido por E. O. Wilson, «Competitive and aggresive behavior», en John F. Eisenberg y Wilton S. Dillon, eds., *Man and Beast: Comparative Social Behavior*, Washington, D. C., Smithsonian Institution Press, 1971, pp. 183-217. Las raíces profundas de las pendencias y guerras tribales las ilustran de forma efectiva en sociedades preletradas, Laurence H. Keeley, *War Before Civilization*, Nueva York, Oxford University Press, 1996, y, en la historia más reciente R. Paul Shaw y Yuwa Wong, *Genetic Seeds of Warfare: Evolution, Nationalism, and Patriotism*, Boston, Unwin Hyman, 1989; Daniel Patrick Moynihan, *Pandaemonium: Ethnicity in International Politics*, Nueva York, Oxford University Press, 1993, y Donald Kagan, *On the Origins of War and the Preservation*

*of Peace,* Nueva York, Doubleday, 1995.

La evidencia de que existe reconocimiento del tramposo en el desarrollo mental humano se presenta el ensayo de Cosmides y Tooby «Cognitive adaptations for social exchange», en J. H. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby, eds., *opus cit.*, pp. 163-228.

La evitación del incesto humano, así como la de los primates no humanos, es revisada con autoridad por Arthur P. Wolf, *Sexual Attraction and Childhood Association: A Chinese Brief for Edward Westermarck,* Stanford (California), Stanford University Press, 1995. Los indicios de reconocimiento directo de la depresión endogámica por parte de las sociedades tradicionales, que sirve de refuerzo al efecto Westermarck en la formación de los tabúes de incesto, los proporciona W. H. Durham, *opus cit*.

## CAPÍTULO 9. Las ciencias sociales

La ambivalencia de la Asociación Americana de Antropología (AAA) hacia los orígenes de la diversidad humana la expresó su presidente, James Peacock, en «Challenges Facing the Discipline», *Anthropology Newsletter*, vol. 35, núm. 9, pp. 1 y 3: «El retiro de mayo de 1994 incluyó jefes de todas las secciones y representantes del comité de Planificación a largo plazo y finanzas. Los subcomités de la asamblea […] tanto por separado como colectivamente se plantearon dos preguntas: el agostamiento de la disciplina y el agostamiento de la AAA. Los participantes afirmaron la fuerza de compromisos obedientes a la variación biológica y cultural y la negativa a biologizar o de algún otro modo esencializar la diversidad. Al mismo tiempo, el grupo expresó el objetivo de expandir y reforzar la relevancia de la disciplina».

Para una muestra de historias y críticas de la antropología desde puntos de vista muy divergentes, véase Herbert Applebaum, ed., *Perspectives in Cultural Anthropology*, Albany (Nueva York), State University of New York Press, 1987; D. E. Brown, *opus cit.*; C. N. Degler, *opus cit.*; Robin Fox, *The Search for Society: Quest for a Biosocial Science and Morality*, New Brunswick (Nueva Jersey), Rutgers University Press, 1989; Clifford Geertz, *The Interpretaron of Cultures: Selected Essays*, Nueva York, BasicBooks, 1973; Walter Goldschmidt, *The Human Career:*

*The Self in the Symbolic World*, Cambridge, (Massachusetts), Blackwell, 1990; M. Harris, *opus cit.*; Jonathan Marks, *Human Biodiversity: Genes, Race, and History*, Hawthorne (Nueva York), Aldine de Gruyter, 1995, y A. Rosenberg, *The Philosophy…*, *opus cit*.

En la sociología académica, la herejía de la biología y psicología fundacionales ha sido promovida por, entre otros, Joseph Lopreato, *Human Nature & Biocultural Evolution*, Boston, Alien & Unwin, 1984; Pierre L. van den Berghe, *The Ethnic Phenomenon*, Nueva York, Elsevier, 1981, y Walter L. Wallace, *Principies of Scientific Sociology*, Hawthorne (Nueva York), Aldine de Gruyter, 1983.

Una historia minuciosa de la disciplina en su período clásico es la de Robert W. Friedrichs, *A Sociology of Sociology*, Nueva York, Free Press, 1970. El último período, de construcción de modelos, en el que se hace un intento parcial para conectar el comportamiento individual a la pauta social, a la manera de la teoría económica, está ejemplificado en James S. Coleman, *Foundations of Social Theory*, Cambridge, (Massachusetts), Belknap Press de Harvard University Press, 1990.

Robert Nisbet explora las raíces de la imaginación sociológica en *Sociology as an Art Form*, Nueva York, Oxford University Press, 1976.

La feliz expresión modelo de la ciencia social normalizada o tipo (SSSM) fue introducida por Tooby y Cosmides en «The psychological…», *opus cit.*, pp. 19-136. Que todavía florece en las ciencias sociales queda bien ilustrado por el tono fuertemente constructivista de *Open the Social Sciences: Report of the Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Sciences*, Stanford (California), Stanford University Press, 1996. El concepto fundamental del modelo ha sido bien caracterizado por muchos autores anteriores, entre ellos Donald E. Brown, *opus cit.*, y D. W. Fiske y R. A. Schweder, eds., *opus cit*. Tooby y Cosmides, cuya contribución es, con mucho, la más completa y persuasiva, introducen asimismo el modelo causal integrado (ICM) para señalar la nueva conexión causal de la psicología y la biología evolutiva con el estudio de las culturas.

El concepto de hermenéutica en cuanto descripción confusa gestada a partir de perspectivas diferentes está bien representado en Fiske y Schweder, *opus cit.*, en especial en los artículos «Three scientific world views and the covering law model», de Roy D’Andrade, pp. 19-41, y «Science’s social system of validity-enhancing collective belief change and the problems of the social sciences», pp. 108-135.

La interpretación de Richard Rorty de la hermenéutica se da en *Philosophy and the Mirror of Nature*, Princeton (Nueva Jersey), Princeton University Press, 1979.

La caracterización personalizada de las disciplinas en las ciencias naturales y

sociales se basa libremente en mi versión anterior en «Comparative…», *opus cit*.

La síntesis de Stephen T. Emlen de las relaciones entre padres e hijos en aves y mamíferos se da en «An evolutionary theory of the family», *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 92 (1995), pp. 8092-8099.

He basado mi interpretación de la investigación de Gary S. Becker en su obra principal, *A Treatise on the Family*, ed. aumentada, y en la colección de ensayos *Accounting for Tastes*, ambos de Cambridge, (Massachusetts), Harvard University Press, 1991 y 1996. También me he beneficiado del perspicaz libro de A. Rosenberg *Economics…*, *opus cit*. Sin embargo, nuestras evaluaciones sobre las perspectivas de ligar los modelos de la economía a la psicología y la biología son sustancialmente distintas; Rosenberg es el más pesimista, por razones que se describen en el texto.

La teoría de la elección racional se suele llamar de otras maneras en las ciencias sociales, entre ellas elección pública, elección social y teoría formal. Sus puntos débiles, en especial el hecho de fiar en exceso en modelos abstractos y carentes de datos, han sido explorados recientemente por Donald P. Green e Ian Shapiro, *Pathologies of Rational Choice Theory: A Critique of Applications in Political Science*, New Haven, Yale University Press, 1994.

Los ejemplos de heurística («reglas empíricas») que utilizan las personas durante el razonamiento cuantitativo intuitivo se han tomado de Amos Tversky y Daniel Kahneman, «Judgment under uncertainty; heuristics and biases», *Science*, 185 (1974), pp. 1124-1131. Una explicación puesta al día del concepto, con otros casos a estudio, la proporcionan los mismos autores en «On the reality of cognitive illusions», *Psychological Review*, 103 (1996), pp. 582-591.

Sobre el razonamiento en pueblos preletrados: Christopher Robert Hallpike, *The Foundations of Primitive Thought*, Nueva York, Oxford University Press, 1979.

Para visiones sombrías por parte de grandes filósofos de la aproximación reduccionista al comportamiento social humano, y por lo tanto a todo el programa de unir la biología y las ciencias sociales, véase Philip Kitcher, *Vaulting Ambition: Sociobiology and the Quest for Human Nature*, Cambridge, (Massachusetts), MIT Press, 1985, y A. Rosenberg en su trilogía: *The Philosophy…, opus cit.; Economics…, opus cit.*, e *Instrumental Biology, or the Disunity of Science*, Chicago, Universidad de Chicago Press, 1994. Actitudes por lo general más favorables son las que toman, por ejemplo, los filósofos que participaron en James H. Fetzer, *Sociobiology and Epistemology*, ed., Boston, D. Reidel, 1985, y Michael Ruse en *Taking Darwin Seriously: A Naturalistic Approach to Philosophy*, Cambridge, (Massachusetts), B. Blackwell, 1986.

# CAPÍTULO 10. Las artes y su interpretación

El Informe de la Comisión sobre las Humanidades (1979-1980) se publicó en forma de libro: Richard W. Lyman y otros, *The Humanities in American Life*, Berkeley, University of California Press, 1980.

George Steiner sobre las artes se cita a partir de su discurso de inauguración en Kenyon College, publicado en *The Chronicle of Higher Education*, 21 de junio de 1996, p. B6.

El desarrollo del cerebro en los dotados musicalmente lo describen G. Schlaug y otros, en «Increased corpus callosum size in musicians», *Neuropsychologia*, 33 (1955), pp. 1047-1055, y «In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians», *Science*, 267 (1995), pp. 699-701.

Harold Bloom sobre el postmodernismo se cita a partir de *The Western Canon: The Books and School of the Ages*, Orlando (Florida), Harcourt Brace, 1994.

Los vaivenes en el talante de la historia literaria los describe Edmund Wilson, «Modern literature: between the whirlpool and the rock», *New Republic* (noviembre de 1926), reimpreso en Janet Groth y David Castronovo, eds., *From the Uncollected Edmund Wilson*, Athens (Ohio), Ohio University Press, 1995.

Frederick Turner diagnostica el postmodernismo literario en «The birth of natural classicism», *The Wilson Quarterly* (invierno de 1996), pp. 26-32. El impacto del postmodernismo en la teoría literaria lo describe lúcidamente en su contexto histórico M. H. Abrams en «The transformation of English studies», *Daedalus*, 126 (1997), pp. 105-131.

Entre las principales obras que contribuyen a la teoría biológica de la interpretación de las artes y la historia se cuentan, en orden cronológico: C. J. Lumsdeny E. O. Wilson, *Genes…, opus cit.*; E. O. Wilson, *Biophilia, opus cit.*; F. Turner, *Natural Classicism: Essays on Literature and Science*, Nueva York, Paragon House, 1985, *Beauty: The Value of Values*, Charlottesville, University Press of Virginia, 1991, y *The Culture of Hope: A New Birth of Classical Spirit*, Nueva York, Free Press, 1995; Ellen Dissanayake, *What Is Art Fort*, Seattle (Washington), University of Washington Press, 1988, y *Homo Aestheticus: Where Art Comes From and Why*, Nueva York, Free Press, 1992; I. Eibl-Eibesfeldt, *Human…, opus cit.*; Margaret A. Boden, *The Creative…, opus cit.*; Alexander J. Argyros, *A Blessed Rage for Order: Deconstruction, Evolution and Chaos*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1991; Kathryn Coe, «Art: the replicable unit. An inquiry into the possible

origin of art as a social behavior», *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 15 (1992),pp. 217-234; Walter A. Koch, *The Roots of Literature*, y W. A. Koch, ed., *The Biology of Literature*, Bochum, N. Brockmeyer, 1993; R. Fox, *The Challenge of Anthropology: Old Encounters and New Excursions*, New Brunswick (Nueva Jersey), Transaction, 1994; Joseph Carroll, *Evolution and Literary Theory*, Columbia (Missouri), University of Missouri Press, 1995; Robert Storey, *Mimesis and the Human Animal: On the Biogenetic Foundations of Literary Representation*, Evanston (Illinois), Northwestern University Press, 1996; Brett Cooke, «Utopia and the art of the visceral response», en Gary Westfahl, George Slusser y Eric S. Rabin, eds., *Foods of the Gods: Eating and the Eaten in Fantasy and Science Fiction*, Athens (Georgia), University of Georgia Press, 1996; Brett Cooke y Frederick Turner, eds., *Biopoetics: Evolutionary Explorations in the Arts*, Nueva York, Paragon House, en prensa.

Las metáforas del arte y de la historia literaria se han tomado de un artículo de John Hollander, «The poetry of architecture», *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences*, 49 (1996), pp. 17-35.

La comparación de Edward Rothstein de la música y las matemáticas procede de sus *Emblems of the Mind: The Inner Life of Music and Mathematics*, Nueva York, Times Books, 1995.

Hideki Yukawa describió la creatividad en física en *Creativity and Intuition: A Physicist Looks East and West*, traducido por John Bester, Kodansha International, Tokio, distribuido en Estados Unidos, Nueva York, por Harper & Row, 1973.

Picasso sobre el origen del arte fue citado por Brassaï (originalmente Gyula Halasz) en *Picasso & Co.*, Londres, Thames and Hudson, 1967.

La idea de metapautas la originó Gregory Bateson en *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Nueva York, Dutton, 1979, y la expandió a la biología y al arte Tyler Volk en *Metapatterns accross Space, Time and Mind*, Nueva York, Columbia University Press, 1995.

La concepción de Vincent Joseph Scully de la evolución de la arquitectura se esboza en *Architecture: The Natural and the Man-made*, Nueva York, St. Martin's Press, 1991.

Relatos excelentes de la evolución del arte de Mondrian, entre los muchos disponibles, son los de John Milner, *Mondrian*, Nueva York, Abbeville Press, 1992, y Carel Blotkamp, *Mondrian: The Art of Destruction*, Nueva York, H. N. Abrams, 1995. La interpretación neurológica que he dado es mía.

La historia de la escritura china y japonesa la detalla Yujiro Nakata, *The Art of Japanese Calligraphy*, Nueva York, Weatherhill/Heibonsha, 1973.

La metáfora de la eternidad de Elizabeth Spires se da en su *Annonciade*, Nueva York, Viking Penguin, 1989, y se cita con permiso del editor.

El listado de arquetipos es en gran parte invento mío, y he espigado sus elementos de muchas fuentes, entre ellas, especialmente, J. Campbell, *opus cit.*, y *The Masks of God: Primitive Mythology*, Nueva York, Viking Press, 1959; Anthony Stevens, *Archetypes: A Natural History of the Self*, Nueva York, William Morrow, 1982; C. Vogler, *opus cit.*, y Robin Fox, *The Challenge…*, *opus cit.*

De las muchas descripciones del arte de las cavernas europeo y otro arte del paleolítico, y su interpretación, pueden citarse: E. Dissanayake, *Homo Aestheticus…*, *opus cit.*; Jean-Marie Chauvet, Eliette Brunel Deschamps y Christian Hillaire, *Dawn of Art: The Chauvet Cave, the Oldest Known Paintings in the World*, Nueva York, H. N. Abrams, 1996; Alexander Marshack, «Images of the Ice Age», *Archaeology* (julio-agosto de 1995), pp. 29-39, y E. H. Gombrich, «The miracle at Chauvet», *New York Review of Books* (14 de noviembre de 1996), pp. 8-12.

El estudio neurobiológico de Gerda Smets de la excitación visual se describe en *Aesthetic Judgment and Arousal: An Experimental Contribution to Psycho-aesthetics*, Lovaina (Bélgica), Leu-ven University Press, 1973.

Los estudios experimentales de la belleza facial óptima de la mujer se cuentan en D. I. Perrett, K. A. May y S. Yoshikawa, «Facial shape and judgements of female attractiveness», *Nature*, 368 (1994), pp. 239-242. Otros estudios sobre las características físicas ideales los describe D. M. Buss, *opus cit.*

El relato de los cazadores-recolectores del Kalahari que aquí se utiliza lo ofrece Louis Liebenberg, *The Art of Tracking*, Claremont, D. Philip, 1990. Una descripción comparable de los aborígenes australianos del pleistoceno y de la actualidad la proporciona Josephine Flood, *Archaeology of the Dreamtime: The Story of Prehistoric Australia and Its People*, ed. revisada, Nueva York, Angus & Robertson, 1995.

Algunos de los temas del capítulo sobre artes y crítica, en particular el significado de los arquetipos míticos y la relación de la ciencia con las artes, los anticipó de forma brillante Northrop Frye, *Anatomy of Criticism: Four Essays*, Princeton (Nueva Jersey), Princeton University Press, 1957. Sin embargo, Frye no pudo relacionar su tema con las ciencias del cerebro y la sociobiología, que no existían en su forma actual en la década de 1950.

# CAPÍTULO 11. Ética y religión

Entre las referencias clave a los fundamentos del razonamiento moral, y en particular al papel de las ciencias naturales a la hora de definir la visión del mundo de los empíricos, se cuentan, por orden alfabético de autores, Richard D. Alexander, *The Biology of Moral Systems*, Hawthorne (Nueva York), Aldine de Gruyter, 1987; Larry Arnhart, «The new Darwinian naturalism in political theory», *American Political Science Review*, 89 (1995), pp. 389-400; Daniel Callahan y H. Tristram Engelhardt, Jr., eds., *The Roots of Ethics: Science, Religion, and Values*, Nueva York, Plenum Press, 1976; Abraham Edel, *In Search of the Ethical: Moral Theory in Twentieth Century America*, New Brunswick (Nueva Jersey), Transaction, 1993; Paul L. Farber, *The Temptations of Evolutionary Ethics*, Berkeley, University of California Press, 1994; Matthew H. Nitecki y Doris V. Nitecki, eds., *Evolutionary Ethics*, Albany, State University of New York Press, 1993; James G. Paradis y George C. Williams, *Evolution & Ethics: T. H. Huxley's «Evolution & Ethics» with New essays on Its Victorian and Sociobiological Context*, Princeton (Nueva Jersey), Princeton University Press, 1989; Van Rensselaer Potter, *Bioethics: Bridge to the Future*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971; Matt Ridley, *The Origins of Virtue: Human Instincts and the Evolution of Cooperation*, Nueva York, Viking, 1997; E. O. Wilson, *Sociobiology…, opus cit., On Human Nature*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1978, y *Biophilia, opus cit.*; Robert Wright, *The Moral Animal: Evolutionary Psychology and Everyday Life*, Nueva York, Pantheon Books, 1994.

Las fuentes eruditas sobre la relación de la ciencia con la religión de las que he tomado ideas e información incluyen: Walter Burkert, *Creation of the Sacred: Tracks of Biology in Early Religion*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 1996; James M. Gustafson, *Ethics from a Theocentric Perspective; Volume One, Theology and Ethics*, Chicago, University of Chicago Press, 1981; John F. Haught, *Science and Religion: From Conflict to Conversation*, Nueva York, Paulist Press, 1995; Hans J. Mol, *Identity and the Sacred: A Sketch for a New Social-Scientific Theory of Religion*, Oxford, Blackwell, 1976; Arthur R. Peacocke, *Intimations of Reality: Critical Realism in Science and Religion*, Notre Dame (Indiana), University of Notre Dame Press, 1984; Vernon Reynolds y Ralph E. S. Tanner, *The Biology of Religion*, Essex, Longman, 1983; Conrad H. Waddington, *The Ethical Animal*, Nueva York, Atheneum, 1961; E. O. Wilson, *On Human…, opus cit*.

He basado el argumento del trascendentalista religioso en mi propia experiencia temprana en la tradición baptista sureña, y en otras muchas fuentes, incluidas las excelentes exposiciones de Karen Armstrong, *A History of God: The 4000-Year Quest of Judaism, Christianity, and Islam*, Nueva York, Alfred A, Knopf/Random House, 1993; Paul Johnson, *The Quest for God: A Personal Pilgrimage*, Nueva York,

HarperCollins, 1996; Jack Miles, *God: A Biography*, Nueva York, Alfred A. Knopf, 1995, y Richard Swinburne, *Is There a God*?, Nueva York, Oxford University Press, 1996.

La condena a los ateos de John Locke está en *A Letter on Toleration*, texto latino editado por Raymond Klibansky y traducido por J. W. Gough, Oxford, Clarendon Press, 1968.

Robert Hooke sobre los límites de la ciencia es citado por Charles Richard Weld, *A History of The Royal Society, with Memoirs of the Presidents*, compilada a partir de documentos, en dos volúmenes, Londres, John Parker, 1848, vol. 1, p. 146.

La estimación que se cita del número de religiones a lo largo de la historia humana (cien mil) la hizo Anthony F. C. Wallace en *Religion: An Anthropological View*, Nueva York, Random House, 1966.

Mary Wollstonecraft sobre el mal: *A Vindication of the Rights of Woman,* Londres, J. Johnson, 1792.

La encuesta sobre las creencias religiosas de los científicos la realizaron Edward J. Larson y Larry Witham, y se informa de ella en *The Chronicle of Higher Education*, 11 de abril de 1997, p. A16.

El modelo de la evolución del comportamiento moral sigue un razonamiento similar en mi primer libro sobre el tema, *On Human…, opus cit.*, y es consistente con la teoría de la coevolución entre genes y cultura detallada en los capítulos 7 y 8 de este libro.

Los fundamentos de la evolución de la cooperación, incluyendo el uso del dilema del prisionero, los ofrecen Robert M. Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, Nueva York, BasicBooks, 1984, y Martin A. Nowack, Robert M. May y Karl Sigmund, «The arithmetics of mutual help», *Scientific American* (junio de 1995), pp. 76-81. El comportamiento protoético en los chimpancés, que incluye la cooperación y el justo castigo a los que no cooperan, lo describe F. de Waal, *Peacemaking…, opus cit.*, y *Good Natured…, opus cit*.

La evidencia de diferencias heredadas en personas en empatía y lazos niño-cuidador la citan R. Plomin y otros, *opus cit*.

La comunicación de dominancia en los animales se describe ampliamente en la bibliografía sobre comportamiento animal, por ejemplo con algún detalle en E. O. Wilson, *Sociobiology…, opus cit*.

El relato de santa Teresa de Jesús (1515-1583) de su experiencia mística de la plegaria aparece en la *Vida de Santa Teresa de Jesús del Orden de Nuestra Señora del Carmelo, escrita por ella misma*. La versión inglesa *The Life of St. Teresa of Jesus of the Order of Our* Lady *of Carmel, Written by Herself*), 5.ª ed., trad. del castellano por David Lewis, se compara con el texto autógrafo original y se ha reeditado con notas adicionales y una introducción de Benedict Zimmerman, Westminster, The Newman Press, 1948.

La afirmación final sobre la relación entre la ciencia y la religión se ha tomado de la conferencia dudleiana de 1991-1992 que impartí en la Facultad de Teología de Harvard, que se publicó como «The return to natural philosophy», *Harvard Divinity Bulletin*, 21 (1992), pp. 12-15.

## CAPÍTULO 12. ¿Hacia qué propósito?

El parentesco genético debido a una herencia común de todos los organismos de la Tierra lo detalla al nivel molecular J. Peter Gogarten, «The early evolution of cellular life», *Trends in Ecology and Evolution*, 10 (1995), pp. 147-151.

El origen de la humanidad actual a partir de especies anteriores de *Homo* es revisada de forma autoritativa por muchos autores en Göran Burenhult, ed., *The First Humans: Human Origins and History to 10 000 BC*, Nueva York, HarperCollins, 1993. [*The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution*, Cambridge, S. Jones, R. Martin y D. Pilbeam, eds., Cambridge University Press, 1992, es asimismo muy recomendable. El lector interesado consultará con provecho E. Aguirre, ed., *Paleontología humana*, Barcelona, Prensa Científica, 1988; J. Bertranpetit, ed., *Orígenes del hombre moderno*, Barcelona, Prensa Científica, 1993; R. Leakey y R. Lewin, *Nuestros orígenes. En busca de lo que nos hace humanos*, Barcelona, Crítica, 1994, y J. H. Reichholf, *La aparición del hombre*, Barcelona, Crítica, 1994.]

El análisis de brechas es un término que se ha tomado prestado del estudio de la diversidad biológica y de la conservación; se refiere al método de cartografiar la distribución de especies de plantas y animales, superponiéndoles los mapas de reservas biológicas, y utilizando la información para seleccionar los mejores lugares

para futuras reservas. Véase J. Michael Scott y Blair Csuti «Gap analysis for biodiversity survey and maintenance», en Marjorie L. Reaka-KudJa, Don E. Wilson y E. O. WiJson, eds., *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*, Washington, D. C., Joseph Henry Press, 1997, pp. 321-340.

La sección sobre la evolución presente y futura de la especie humana se ha modificado a partir de mi artículo «Quo Vadis, *Homo sapiens!*», Geo Extra, 1 (1995), pp. 176-179. La evolución de la forma de la cabeza durante el último milenio está documentada por T. Bielicki y Z. Welon, «The operation of natural selection in human head form in an East European population», en Carl J. Bajema, ed., *Natural Selection in Human Populations: The Measurement of Ongoing Genetic Evolution in Contemporary Societies*, Nueva York, Wiley, 1970. La evidencia de la evolución reciente de las proteínas del choque térmico la dan V. N. Lyashko y otros, «Comparison of the heat shock response in ethnically and ecologically different human populations», *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 91 (1994), pp. 12.492.-12 495.

Los resultados del experimento Biosfera 2 los comentan Joel E. Cohen y David Tilman en «Biosphere 2 and biodiversity: The lessons so far», *Science*, 274 (1996), pp. 1150-1151. Dos de los biosferanos han publicado un relato de primera mano de los dos años que duró la aventura, Abigail Alling y Mark Nelson, *Life Under Glass: The Inside Story of Biosphere* 2, Oracle (Arizona), Biosphere Press, 1993.

El texto reciente más completo y autorizado del crecimiento de la población humana escrito para un público amplio es el de Joel E. Cohen, *How Many People Can the Earth Support*?, Nueva York, W. W. Norton, 1995. Es muy difícil estimar el número total de seres humanos que pueden existir sobre la Tierra de forma sostenible, debido, como afirma Cohen, a factores tan lábiles como los últimos niveles de la tecnología de producción de alimentos y la calidad de vida promedio que sería aceptable. Pero existe un límite absoluto, y no es muy superior a los 10 000 millones. El límite estimado de 16 000 millones de personas basado en que la energía total captada por la fotosíntesis se dedicara exclusivamente al uso humano se ha tomado de John M. Gowdy y Carl N. McDaniel, «One world, one experiment: addressing the biodiversity-economics conflict», *Ecological Economics*, 15 (1995), pp. 181-192.

La fórmula PAT para estimar el impacto de la población en el ambiente fue desarrollada originariamente por Paul R. Ehrlich y John P. Holdren, «Impact of population growth», *Science*, 171 (1971), pp. 1.2.12.-1217, y desde entonces ha sido discutida en muchos aspectos. «Es una aproximación burda, porque los tres factores multiplicativos no son independientes […] Es especialmente útil para evaluar impactos globales, donde normalmente hemos de retroceder al utilizar el uso de energía per cápita en lugar del AT», Paul Ehrlich, «The scale of the human

enterprise», en Denis A. Saunders y otros, *Nature Conservation* 3: *Reconstruction of Fragmented Ecosystems*, Australia, Surrey Beatty & Sons, 1993, pp. 3-8.

El concepto de huella ecológica como medida del impacto sobre el ambiente fue introducido por William E. Rees y Mathis Wackerna gel, «Ecological footprints and appropriated carrying capacity: measuring the natural capital requirementes of the human economy», en AnnMari Jansson y otros, eds., *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*, Washington, D. C., Island Press, 1994, pp. 362-390.

Una afirmación general importante sobre la población y el ambiente, de la que son coautores once científicos punteros cuya experiencia cubre prácticamente todas las disciplinas importantes, es Kenneth Arrow y otros, «Economic growth, carrying capacity, and the environment», *Science*, 2.68 (1995), pp. 520-521.

Los resúmenes más completos, puestos al día y accesibles de las inmensas bases de datos sobre el ambiente global los proporcionan los informes del Worldwatch Institute, que tiene su cuartel general en Washington, D. C. Incluyen las dos series anuales *State of the World* y *Vital Signs: The Trends That Are Shaping Our Future,* publicadas por W. W. Norton (Nueva York), así como documentos especializados ocasionales, publicados por el Institute. Una evaluación independiente de los datos disponibles por parte de científicos ambientales, que confirman las mismas tendencias que he descrito aquí, se ha publicado en «Land resources: On the edge of the Malthusian precipice?», actas de una conferencia organizada por D. J. Greenland y otros, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B,* 352 (1997), pp. 859-1033.

Las siguientes obras recientes sobre el papel de los factores ambientales en el auge y caída de las civilizaciones cuentan entre las que pueden recomendarse de entre una bibliografía extensa: H. Weiss y otros, «The genesis and collapse of third millenium North Mesopotamian civilization», *Science*, 261 (1993), pp. 995-1004; Tom Abate, «Climate and the collapse of civilization», *BioScience*, 44 (1994), pp. 516-519; y el excepcionalmente amplio y clarividente desde el punto de vista biológico Jared Diamond, *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies,* Nueva York, W. W. Norton, 1997.

Un excelente informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), de 1992, que incluye una historia de la reunión y la sustancia de los convenios vinculantes y de la Agenda 21, es el de Adam Rogers, *The Earth Summit: A Planetary Reckoning*, Los Angeles, Global View Press, 1993.

Sobre la acomodación de la tecnología y el desarrollo económico al ambiente natural, véase el informe especial del Consejo Nacional de Investigación de Estados

Unidos, *Linking Science and Technology to Society's Environmental Goals*, John F. Ahearne y H. Guyford Stever, copresidentes, Washington, National Academy Press, 1996. Descripciones incisivas de soluciones tecnológicas parciales las ofrecen Jesse H. Ausubel, «Can technology spare the Earth?», *American Scientist*, 84 (1996), pp. 166-178, y los múltiples autores del volumen de verano de 1996 de *Daedalus* (revista de la Academia Americana de Artes y Ciencias), titulado «Liberation of the Environment».

Las relaciones entre la economía y el ambiente son el tema de una biblioteca de revistas y libros que crece rápidamente. Introducciones excelentes al tema las proporcionan James Eggert, *Meadowlark Economics: Work & Leisure in the Ecosystem*, Armonk (Nueva York), M. E. Sharpe, 1992; R. Kerry Turner, David Pearce e Ian Bateman, *Environmental Economics: An Elementary Introduction*, Baltimore (Maryland), Johns Hopkins University Press, 1993; Paul Hawken, *The Ecology of Commerce: A Declaration of Sustainability*, Nueva York, HarperCollins, 1993, y Thomas Michael Power, *Lost Landscapes and Failed Economies: The Search for a Value of Place*, Washington, D. C., Island Press, 1996. [Son asimismo muy recomendables el artículo Robert de Repetto «Los activos ambientales en la contabilidad nacional», *Investigación y Ciencia*, 191 (1992), pp. 6-12, y el libro de J. Martínez Alier *Ecological Economics*, Oxford, Blackwell, 1990.]

Frederick Hu sobre el crecimiento económico de las naciones: «What is competition?», *World Link* (julio-agosto 1996), pp. 14-17.

El relato sobre biodiversidad y extinción se ha modificado a partir de fragmentos de dos de mis propios artículos: «Is humanity suicidal?», *The New York Times Magazine*, 30 de mayo de 1993, pp. 24-29, y «Wildlife: legions of the doomed», *Time* (International), 30 de octubre de 1995, pp. 57-59.

Sobre el argumento moral para la conservación de la biodiversidad: véanse mis presentaciones anteriores en *Biophilia*, *opus cit.*, y *The Diversity…*, *opus cit.*; y Stephen R. Kellert, *The Value of Life: Biological Diversity and Human Society*, Washington, D. C., Island Press/Shearwater Books, 1996, y *Kinship to Mastery: Biophilia in Human Evolution and Development*, Washington, D. C., Island Press, 1997.

Sobre los fundamentos morales últimos de la sociedad: Amy Gutmann y Dennis Thompson, *Democracy and Disagreement*, Cambridge (Massachusetts), Belknap Press of Harvard University Press, 1996.

# Agradecimientos

Durante cuarenta y un años, hasta mi jubilación en 1997, numerosos discursos de biología elemental e intermedia en la Universidad de Harvard. En la segunda parte de dicho período, los seminarios eran parte del currículo básico, que la Facultad de Artes y Ciencias encargaba para enseñar la sustancia fundamental y las «maneras de pensar» de cada una de las grandes ramas del saber. El tema de mi responsabilidad concreta, la biología evolutiva, es una caravanera intelectual situada cerca de la frontera entre las ciencias naturales y las sociales. Es un lugar de encuentro lógico para profesionales de intereses diversos que desean intercambiar conocimientos. Puesto que mis intereses primarios de investigación también incluye la evolución del comportamiento social, me sentí siempre cómodo discutiendo los temas clave de la consiliencia con expertos de una gran parte de la academia.

Sería prácticamente imposible citar a todos los que consulté durante los tres años que me llevó escribir *Consiliencia*. Sus intereses van desde los de un erudito en literatura eslava hasta los de un portavoz de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos, desde premios Nobel en ciencias físicas y en economía hasta el principal director ejecutivo de una compañía internacional de seguros. En lugar de ello, dedicaré a continuación un cierto espacio a agradecer a aquellas personas que leyeron partes del texto original. Al expresar mi gratitud por su ayuda inestimable, también los exonero de los errores y equivocaciones que puedan quedar mientras el libro va a la imprenta (septiembre de 1997).

Gary S. Becker (economía), Rodney A. Brooks (inteligencia artificial), Terence C. Burnham (economía), Joseph Carroll (teoría literaria), I. Bernard Cohen (historia de la ciencia), Joel E. Cohen (ecología), Brett Cooke (teoría literaria), William R. Crout (religión), Antonio R. Damasio (neurobiología), Daniel C. Dennett (filosofía de la ciencia, ciencias del cerebro), Ellen Dissanayake (teoría artística), George B. Field (ciencias físicas), Newt Gingrich (general). Paul R. Gross (general), J. Alian Hobson (psicología), Joshua Lederberg (general), Barbara K. Lewalski (crítica literaria), Charles J. Lumsden (general), Myra M. Mayman (las artes). Michael B. McElroy (física atmosférica). Peter J. McIntyre (evolución), Matthew S. Meselson (biología molecular), Harold J. Morowitz (teoría de la complejidad), William R. Page (general), Robert Plomin (psicología), William E. Rees (ecología), Angelica Z. Rudenstine (historia del arte), Loyal Rue (general), Michael Ruse (general), Sue Savage-Rumbaugh (primatología), S. J. Singer (biología molecular), James M. Stone (general), Frank J. Sulloway (general), Martin L. Weitzman (economía), Irene K. Wilson (poesía, teología) y Arthur P. Wolf (antropología).

Finalmente, como he hecho para todos mis libros y artículos desde 1966, agradezco con gusto la labor meticulosa e invaluable de Kathleen M. Horton en investigación

bibliográfica y preparación del original. También estoy en deuda con John Taylor Williams, agente y asesor, cuyos sabios consejos ayudaron a hacer del proyecto una realidad, y con mi editora en Knopf, Carol Brown Janeway, por su importante apoyo moral y su ayuda en salvar sin problemas al menos algunos de los más peligrosos escollos, inevitables en una tal síntesis.

Debo agradecer a las siguientes entidades el haberme permitido reproducir material previamente publicado:

*GEO Extra nº 1:* «Quo Vadis, *Homo sapiens?*», de Edward O. Wilson, reimpreso por cortesía de *GEO Extra nº 1*, Hamburgo, Alemania.

*Harvard University Press*: fragmentos de *Biophilia; The Diversity of Life; Genes, Mind, and Culture*; y *Promethean Fire*, de Edward O. Wilson, reimpreso por cortesía de Harvard University Press.

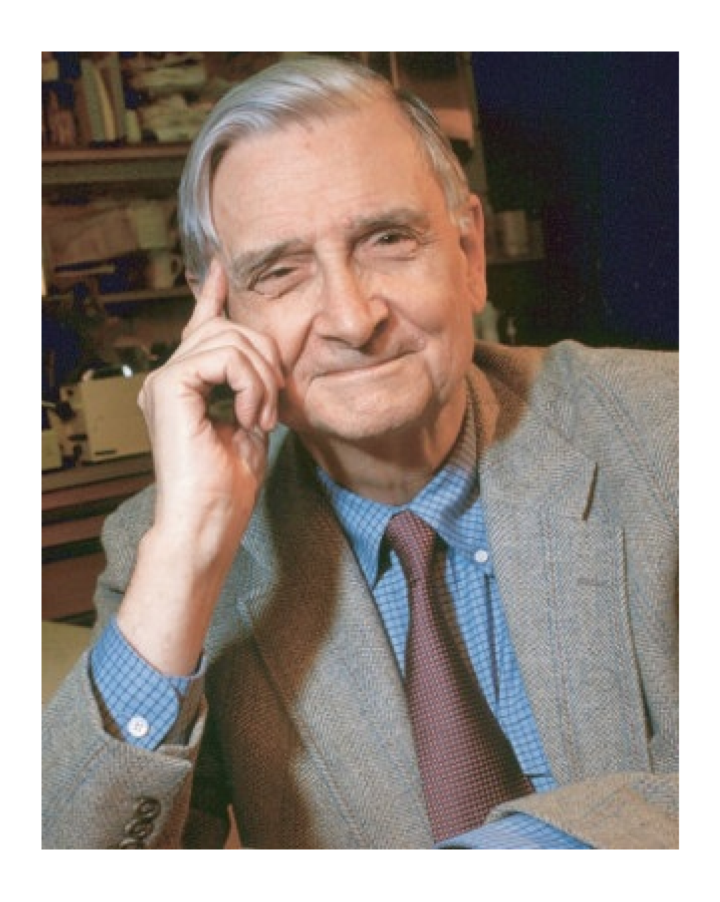
*The New York Times Company*: Fragmento de «Is Humanity Suicidal?», de Edward O. Wilson (*The New York Times Magazine*, *20* de mayo de 1993), copyright© 1993 de The New York Times Company, reimpreso por cortesía de The New York Times Company.

*David Philip Publishers (Pty) Ltd.:* fragmentos de *The Art of Tracking: The Origin of Science*, de Louis Liebenberg, reimpreso por cortesía de David Philip Publishers Ltd., Claremont, Sudáfrica.

*Time International*: fragmentos de «Legions of the Doomed», de Edward O. Wilson (*Time International*, 30 de octubre de 1995). Adaptado con permiso de *Time International*.

*Viking Penguin* y *Elizabeth Spires*: fragmento de «Falling Away» de *Annonciade*, de Elizabeth Spires, copyright © 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 de Elizabeth Spires, reimpreso con permiso de Viking Penguin, división de Penguin Books USA Inc., y de Elizabeth Spires.

# Índice de nombres



EDWARD OSBORNE WILSON (10 de junio de 1929, Birmingham). Es un entomólogo y biólogo estadounidense conocido por su trabajo en evolución y sociobiología. Wilson es uno de los científicos de más reputación nacional e internacional. Tras obtener el bachiller en ciencias y el máster en Biología en la Universidad de Alabama (Tuscaloosa), se doctora en la Universidad de Harvard. Actualmente, Wilson es profesor honorario y conservador del museo de zoología comparada en Harvard.

Es una de las dos únicas personas que han recibido la concesión más alta en ciencias de Estados Unidos, la Medalla Nacional a la Ciencia, y el premio Pulitzer en literatura, este último en dos ocasiones, con sus libros *Sobre la naturaleza humana* (1978) y *The Ants* (1990). Su libro *Sociobiología* (1975) fue un hito importante en el desarrollo de esa disciplina científica que estudia la relación entre los genes y la conducta. Ha publicado otros seis libros.

# Notas

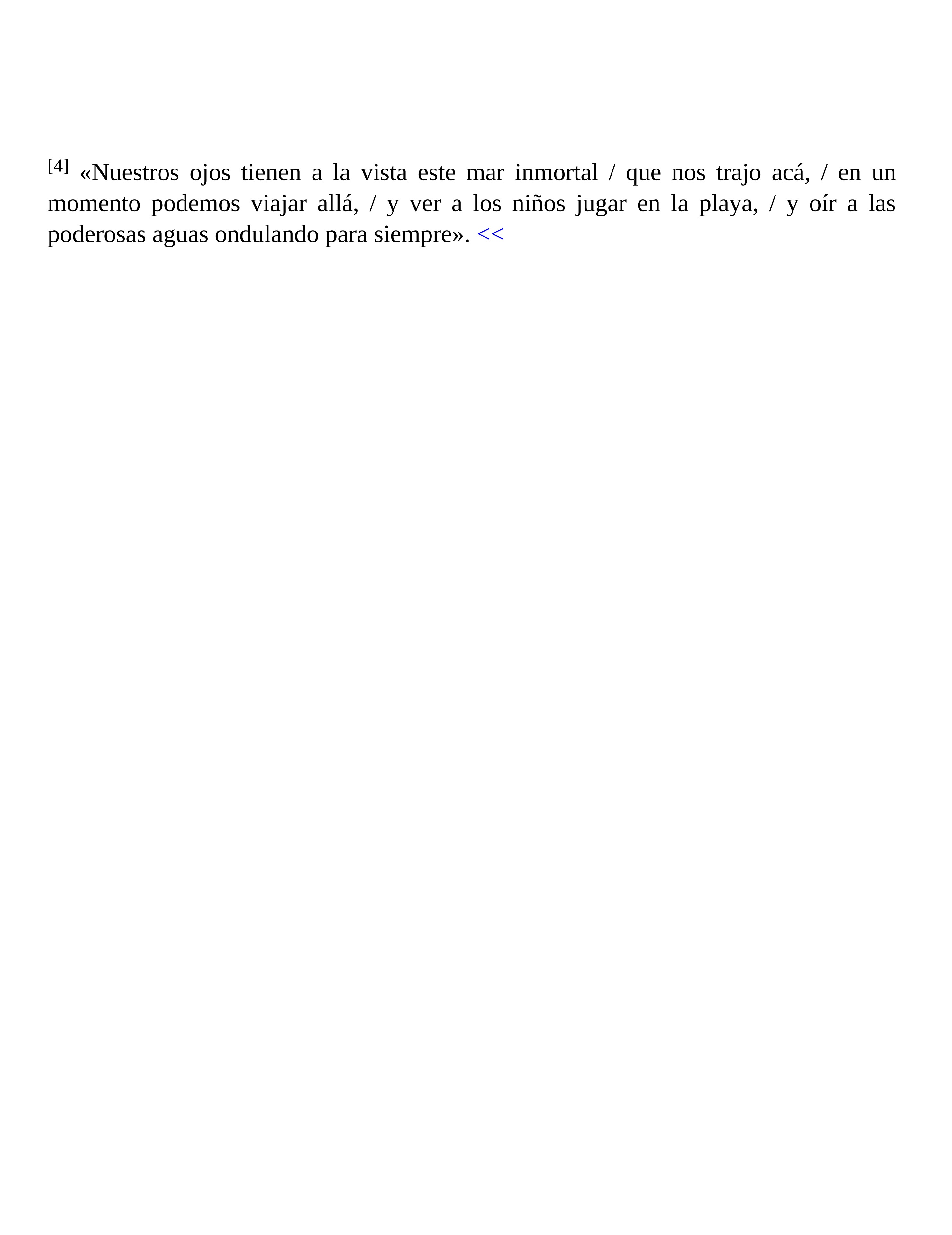
[1] El término inglés *consilience*, cuyo origen y significado el autor explica a continuación, no tiene equivalente exacto en la lengua española. El sentido preciso al que apela Wilson y la misma rareza del término que utiliza hacen que se haya optado por una traducción literal. (Las notas al pie y las que aparecen entre corchetes en las Notas bibliográficas son del traductor). <<



[2] *seminalidad*: calidad de seminal, original y de gran influencia en la generación de nuevas ideas. <<



[3] «La naturaleza y sus leyes estaban escondidas en la noche; Dios dijo: ¡Que sea Newton!, y todo fue luz». <<

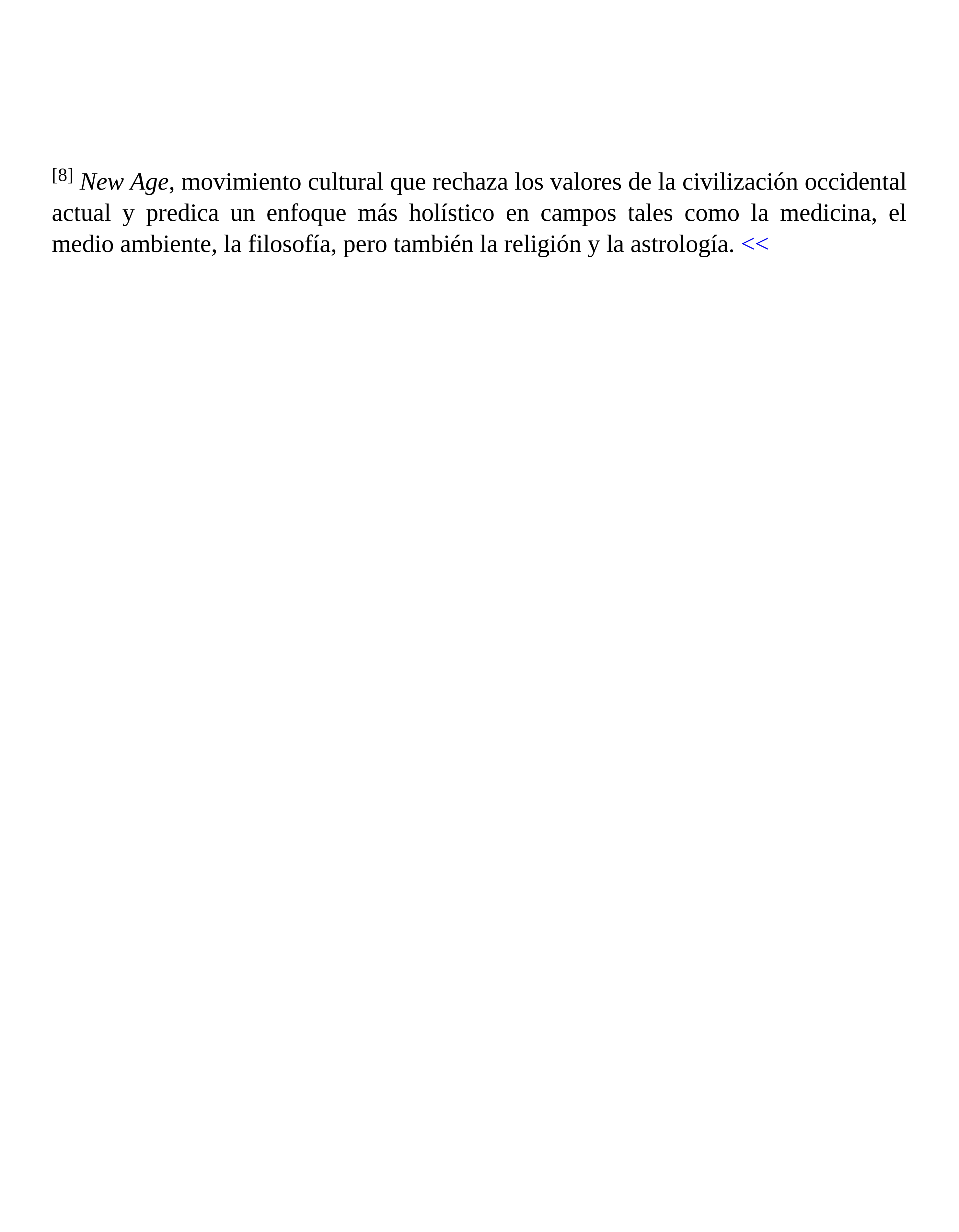


[4] «Nuestros ojos tienen a la vista este mar inmortal / que nos trajo acá, / en un momento podemos viajar allá, / y ver a los niños jugar en la playa, / y oír a las poderosas aguas ondulando para siempre». <<

[5] ‘Filosofía natural’. <<

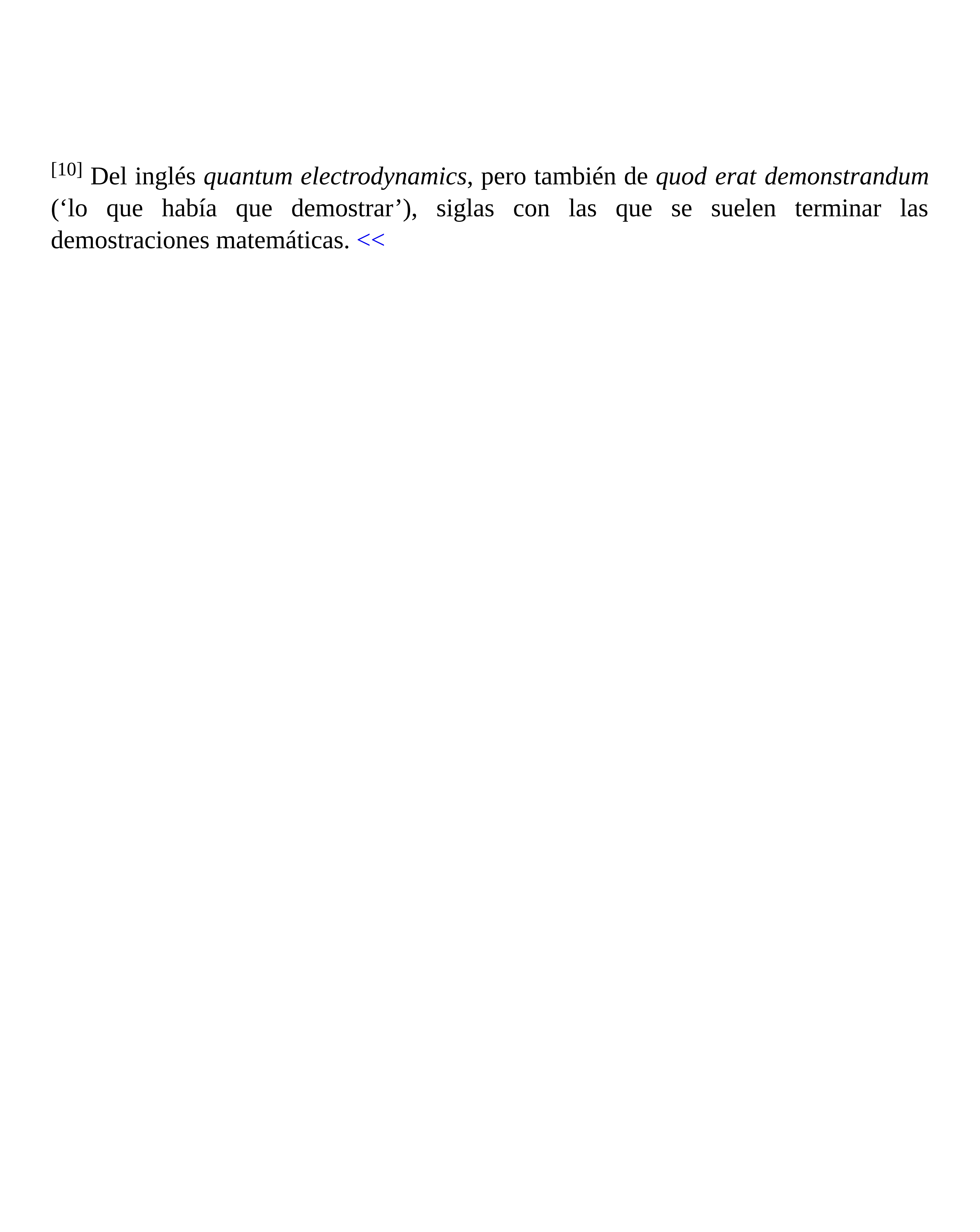
[6] *ethos*: ‘carácter distintivo de una persona o grupo’. <<

[7] Jacques Lacan, psicoanalista francés contemporáneo que ha reformulado buena parte de las teorías de Freud. <<



[8] *New Age*, movimiento cultural que rechaza los valores de la civilización occidental actual y predica un enfoque más holístico en campos tales como la medicina, el medio ambiente, la filosofía, pero también la religión y la astrología. <<

[9] Al menos en teoría, incluso más. El recorrido que nos proponen los autores de *Potencias de diez* (P. Morrison & P. Morrison, Barcelona, Prensa Científica, 1984), desde los mil millones de años luz ($10^{25}$ metros) hasta los 0,1 fermi ($10^{-16}$ metros), abarca 41 órdenes de magnitud. <<



[10] Del inglés *quantum electrodynamics*, pero también de *quod erat demonstrandum* (‘lo que había que demostrar’), siglas con las que se suelen terminar las demostraciones matemáticas. <<

[11] Estratagema del *bridge*. <<

[12] Del inglés *self-assembled monolayers*. <<

[13] De UFO, *unidentified flying object*, ‘objeto volante no identificado’ (OVNI). <<



[14] Wilson es autor de una autobiografía, *Naturalist* (Washington, D. C, Island Press, 1994), que cabe suponer que tampoco es confesional. <<

[15] En castellano utilizamos el mismo término, sueño, para referirnos al acto de dormir (*sleep* en inglés) y a la serie de imágenes o acontecimientos que tienen lugar mientras dormimos (*dream* en inglés). Mientras que los verbos correspondientes (‘dormir, soñar’) no plantean problema alguno, no ocurre lo mismo con los nombres. A lo largo del capítulo aparecen con frecuencia las dos acepciones de sueño; se ha procurado distinguirlas claramente, por ejemplo pluralizando los sueños, utilizando ensoñaciones como sinónimos del nombre u oníricos como sinónimos del adjetivo. <<



[16] Que son requisitos conocidos para entrar en trance, como han explicado muchos místicos; véase más adelante las referencias del autor a santa Teresa de Jesús. <<

[17] *Rapid eye movement*, en inglés. <<



[18] *Petacrunchers*, de *peta*- prefijo que corresponde a $10^{15}$ (mil billones) y uno de los nombres vulgares de los ordenadores dedicados a «triturar» récords. <<

[19] Henry W. Longfellow, en *Retribution*. <<



[20] Arte, de origen japonés, que consiste en plegar hojas de papel de manera que se produzcan animales y figuras diversas, algunas de ellas articuladas y capaces de ser movidas. <<

[21] Cerebro posterior, medio y anterior, respectivamente. <<



[22] El método de Stanislavski, por el que el actor se identifica con su personaje y «siente» (y transmite) sus emociones. <<

[23] *Self*, el yo, la naturaleza propia, pero también el ego y el egoísmo. <<

[24] O naturaleza-crianza (*nature-nurture*), dilema sobre la importancia respectiva de lo biológico o lo cultural en lo que nos hace seres humanos. <<

[25] Por ‘lenguaje maternal’. <<

[26] *Brave New World*, en referencia a la famosa novela homónima de Aldous Huxley. <<



[27] En castellano esta aclaración es ociosa: los partidarios de la desnudez son los naturistas, mientras que los naturalistas son los estudiosos de la naturaleza. <<

[28] *OGOD: One Gene, One Disease*, en inglés. <<

[29] En medicina, término que se refiere a cualquier proyectil que se puede hacer llegar hasta un objetivo concreto; por ejemplo, un segmento de ADN introducido en el cuerpo humano mediante un virus alterado biotecnológicamente para que sustituya una secuencia defectuosa en el organismo. <<



[30] *Sex-determining región of Y*. La nomenclatura internacional de los genes se basa en el inglés. <<



[31] Sistema político que prima el carácter autónomo de la economía, por lo que el gobierno debe intervenir tan poco como sea posible en los asuntos económicos. <<

[32] *Standard Social Science Model*, en inglés. <<

[33] *kuru*: enfermedad neurológica causada por virus que se transmiten al comer las vísceras y el cerebro de parientes muertos, ritual que realizan principalmente las mujeres. <<

[34] En inglés se distingue entre *economy* (el sistema económico de un país o período) y *economics* (la ciencia que estudia los sistemas económicos), pero en castellano ambos conceptos se indican mediante el término economía; en el texto no siempre ha sido posible hacer tal distinción (por ejemplo, entre economía y ciencia económica). <<

[35] *Utilidad*, aquí en el sentido económico de ‘provecho o beneficio’. <<

[36] En el original, *satisficing*, *satisfying* y *sufficing*, respectivamente. <<

[37] «Ni la fértil vega de Enna, / donde Proserpina, mientras cogía flores / menos hermosas que ella, por el tenebroso Dis / fue cogida a su vez, lo que le costó a Ceres afanarse / para buscarla por todo el mundo; ni la deliciosa vega / de Dafne, que baña el Oronte y la inspirada / primavera de Castalia, podían rivalizar / con este paraíso del Edén». Se ha utilizado en parte la traducción libre de J. Escoiquiz en *El paraíso perdido*, Barcelona, Maucci, s. f. <<

[38] La Nueva Crítica es una tendencia de la crítica literaria que solo tiene en cuenta la explicación de los textos y rechaza el estudio biográfico e histórico por irrelevantes. <<



[39] En inglés, pero no en castellano: *plot* es ‘solar, parcela de terreno’, y a la vez ‘argumento o trama’. <<



[40] Algunas de ellas se conservan en el Levante español y otras zonas mediterráneas de clima más benigno. <<

[41] Referencia a una famosa serie de guías de campo norteamericanas. <<



[42] En inglés, *design* es a la vez 'diseño' y 'designio', entre otras acepciones, lo que da pie al doble significado, que se pierde en castellano. <<

[43] Salmos 39:6-7. <<



[44] «Te lo digo, mi señor bobo, fuera de esta ortiga, peligro, arrancamos esta flor, seguridad». <<